


V
B
J
C

TRATADO DE ENSAYES.

TRATADO

DE ENSAYES,

TANTO POR LA VIA SECA COMO POR LA VIA HUMEDA,

de

Toda clase de minerales y pastas de cobre, plomo, plata, oro, mercurio &c.; con descripcion de los caracteres de los principales minerales y productos de las artes en America, y en particular en Chile.

por

IGNACIO DOMEYKO, MIEMBRO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE,
PROFESOR DE QUÍMICA EN EL COLEJIO DE COQUIMBO.





Serena.

IMPRENTA EEL COLEJIO.

1844.

PRÓLOGO.

Esta obra que he escrito y publicado por encargo del Sr. Ministro de instruccion pública, está destinada para el uso de los que quieren destinarse al conocimiento práctico de los minerales y al arte de ensayarlos. Es claro que, debiendo variar los métodos de ensayar segun la naturaleza y la composicion de las materias que se quiere ensayar, el estudio de los caracteres de estas últimas debe ser inseparable del estudio de dichos métodos. Por esta razon he creido necesario comprender en el *Tratado de ensayes*, una descripcion mineralójica y tecnolójica de las principales materias metálicas, ya sea minerales, sea artificiales, que tienen alguna importancia en el comercio y la industria.

En vista de esto, he dividido en dos secciones principales cada capítulo destinado á cada metal : en la primera se halla la descripcion, 1.° de las *especies minerales ó mineralójicas* del metal ; 2.° de los *minerales ó metales*, que no son otra cosa mas que unas mezclas de las anteriores, consideradas en el estado en que se emplean para el beneficio ; 3.° de los productos de las artes : en la segunda, se trata solo de los modos de ensayar tanto por la via seca como por la via húmeda. Aquella seccion comprende la mineralojia de los metales útiles ; ésta el verdadero arte de ensayar.

En toda mi obra he adoptado y seguido el plan del *Tratado de ensayes por la via seca, de Berthier*, obra maestra que debe hallarse en las manos de todos los metalurjistas y directores de injénios, como la única en su especie, que une á la mayor claridad y concision, la precision mas prolija : *lo positivo* libre de todas suposiciones teóricas.

De esta obra he hecho un extracto ó traduccion de todo lo que es relativo á los modos de ensayar; y solo en la parte mineralójica he creido útil y necesario introducir algunas modificaciones, para adaptar este libro al uso de los americanos y en particular de los chilenos, dándoles á conocer de un modo mas particular los minerales y productos de las artes de Chile y de las repúblicas hermanas, que los del antiguo continente; y agregando algunos nuevos descubrimientos y observaciones relativas á los métodos que mas comunmente se practican en el nuevo continente.

En esta parte mineralójica, acompañada con algunas observaciones jeolójicas sobre el *lecho* de los minerales, he comprendido los resultados de mis propias observaciones hechas por el espacio de cinco años en este país; y todas las analísis que se citan sin llevar el nombre del autor, han sido hechas por mí ó bajo mi direccion por mis alumnos: lo mismo se entiende con respecto á los numerosos ensayos que se hallan en este libro.

Léjos estoy de considerar este gran número de mis analísis como cosa de absoluta exactitud, y cuyos resultados no pueden sufrir modificaciones y correcciones de suma importancia de parte de los químicos: ántes bien me daria por muy satisfecho, si la mayor parte de estas analísis pudiese servirles como indicaciones útiles ó *analísis calitativas*, y les diere ocasion para hacer descubrimientos. He citado estas analísis no por darles preferencia sobre las analísis hechas por los químicos distinguidos de nuestra época, sino porque muy pocos minerales y productos de artes de América y sobre todo de la República de Chile, habian sido analisados ántes de la publicacion de esta obra.

La mayor parte de las observaciones que se aplican á las pastas de plata y de oro, han sido extraidas de la obra de Chaudet *El arte del ensayador*, obra adoptada en Francia por todos los ensayadores; y me he atrevido á agregar en la parte *no interlineada* del texto,

algunas observaciones comprobadas por mi propia práctica.

He copiado algunas descripciones de minerales de la Mineralojia de D. Andres del Rio, profesor de mineralojia en el colejio real de mineria en Méjico, cuya obra en realidad, es el Tratado mas completo de todos los que conozco, en cuanto á la descripcion de los caracteres mas importantes de las sustancias minerales.

En cuanto al órden en que he colocado los metales, y á la estension que he procurado dar á cada capítulo, he tomado en consideracion particularmente el grado de importancia que cada uno de estos metales tiene en Chile, tanto para su industria en jeneral, como para sus principales ramos de mineria. Por esto he colocado en primer lugar el cobre, en seguida la plata, el oro, el mercurio y despues el hierro y los demas metales.

En fin, al publicar esta obra en que se halla comprendida una parte de mi curso en el colejio de Coquimbo, mi ánimo es de tributar mi reconocimiento, y dar pruebas de amor al país, en que he encontrado descanso y consuelo, en el tiempo de las mayores desgracias de mi querida patria.

Serena, Enero 25 de 1844.

Ignacio Domeyko.

algunas observaciones comprobadas por mi propia práctica.

He copiado algunas descripciones de minerales de la Mineralojía de D. Andres del Rio, profesor de mineralojía en el colejio real de minería en Méjico, cuya obra en realidad, es el Tratado mas completo de todos los que conozco en cuanto á la descripcion de los caracteres mas importantes de las sustancias minerales.

En cuanto al órden en que he colocado los metales y á la estension que he procurado dar á cada uno, he tomado en consideracion particularmente el grado de importancia que cada uno de estos metales tiene en Chile, tanto para su industria en jeneral, como para sus principales ramos de minería. Por eso los coloco en primer lugar el cobre, en seguida la plata, el oro, el mercurio y despues el hierro y los demas metales.

En fin, al publicar esta obra en que se halla comprendida una parte de mi curso en el colejio de Coquimbo, mi ánimo es de tributar mi reconocimiento, y dar pruebas de amor al pais, en que he encontrado descanso y consuelo, en el tiempo de las mayores desgracias de mi querida patria.

Serena, Enero 25 de 1845.

Ignacio Domeyko.



TRATADO

de los ensayes por la via seca y por la via húmeda, de toda clase de minerales y pastas de cobre, plomo, plata, oro, mercurio &c.



NOCIONES PRELIMINARES.

Ensayar una sustancia, es determinar la proporcion en que se halla algun metal útil en ella, mientras que *analizarla*, significa determinar no solo todos los elementos constitutivos que entran en su composicion, sino tambien la naturaleza de ellos y las proporciones en que están combinados. Asi, ensayar un mineral de cobre, es averiguar cuanto por ciento ó cuantos quintales de cobre por cajon tiene, y es lo que se llama *determinar la lei del mineral*; mientras que en una analisis del mismo mineral, se hace ver si en este mineral hay azufre, oxijeno, arsénico &c., en que proporcion se hallan *mezclados* ó *combinados* sus elementos, y en particular, en que estado de combinacion se halla entre ellos el cobre, si está al estado de súlfuro, de sulfato, de óxido, de silicato &c.

Se llama *ensayar por la via seca*, determinar la ley de un mineral ó indagar algunas de sus propiedades por medio del fuego y de algunos *flujos* ó *fundientes* que unas veces sirven para facilitar la fundicion, otras veces para *reducir* el mineral ó cambiar el estado de su combinacion. Ensayar por la via húmeda, es someter un mineral á la accion de los ácidos ó de algunos reactivos líquidos.

Antes de esponer los metodos de ensayar cada clase de pastas y minerales, tenemos que describir :

1.° Las principales operaciones que se usan en los ensayes por la via seca :

2.° Los hornos que se emplean :

3.° Los reactivos ó flujos :

4.° Los combustibles y modos de ensayarlos.

CAPITULO 1.

OPERACIONES QUE SE USAN EN LOS ENSAYES POR LA VIA SECA.

Hemos de distinguir dos clases de *operaciones*, que son : 1.° *mecánicas* : 2.° *químicas*.

§ 1.° OPERACIONES MECANICAS.

Estas operaciones consisten, 1.° en *quebrantar*, 2.° en *entresacar* (chancar) ó separar unas de otras las partes de diferente naturaleza, 3.° en moler y cernir, 4.° en lavar, cuando se trata de separar las partes metálicas de las que constituyen el *criadero*.

Dos especies de ensayes se usan en la metalurjia : las mas veces se trata de saber la ley del *comun* del mineral ; otras veces se quiere solo conocer la ley de la parte mas pura del mineral, es decir de aquella parte metálica que se halla comunmente mezclada con otras mas livianas térreas ó pedregosas.

Modo de tomar el comun del mineral.

¿De qué modo se toma el comun del mineral?—Cuando se trata de saber la ley del comun de los minerales al estado en que se sacan de las minas, importa mucho saber tomar con la mayor prolijidad posible lo que se llama el *comun del mineral*, porque de esta operacion pende en gran parte la exactitud de los resultados. Para esto, no es suficiente tomar á ciegas unos tres ó cuatro pedazos de una pila de mineral ; sino que se deben examinar bien las variedades principales que se hallan en ella, la clase de mineral que predomina, las partes mas pobres y las mas ricas ; y se escojen diversas muestras de todo para formar una mezcla que represente el *comun* del mineral. Las mas veces, sobre todo cuando el mineral es muy he-

terojéneo, el único modo de hacer bien esta mezcla, consiste en tomar sin escojer, pedazos de cada *carga*, ó mejor decir, de cada *capacho* (de cada dos quintales) al momento de descargar los minerales. Cuando el mineral se halla amontonado en una pila grande, se corta la pila por unos dos tajos verticales que pasen por el centro, y se ponen á un lado todas las *colpas* que provienen de dichos tajos : despues se quebrantan estas colpas en pedazos pequeños, y se hace de ellos otro monton, el cual se revuelve con mucho cuidado; despues se corta otra vez en cruz, y se toma todo lo que se halla en una de las cuatro partes del monton.—Habiendo obtenido de este modo, ó por uno de los métodos anteriores, la mezcla que debe representar el comun del mineral, se reducen primero todos los pedazos por medio de un combo o martillo á polvo de grano grueso, y despues todo se muele en un almirez de hierro ó de bronce. El polvo que resulta de esto, se cierne ; la parte que queda en el cedazo, se vuelve á echar en el almirez, y se muele ; despues se cierne otra vez ; y se repiten las mismas operaciones hasta que todo pase por el tamiz. Importa mucho juntar con el comun las últimas partículas que quedan en el almirez, por ser las mas duras ó malcables ; porque esta parte del mineral es casi siempre la mas pobre ó la mas rica de todo el mineral.—Los tamices que se usan para esto, son de tela de diversa finura, y son de clin, de seda ó de alambre.

El lavado.—Cuando en vez de ensayar el *comun* del mineral, se trata de saber la ley de la parte mas pura que contiene, en este caso, el polvo ya molido y cernido se somete todavia á otra operacion que consiste en separar la parte mas pesada de la mas liviana por medio del *lavado*. Esto se puede efectuar de dos modos:—el primero consiste en deslamar ó desleir el polvo en agua, y decantar el líquido, ántes que se depongan las partes mas ténues. De este modo se pueden separar varios *tofos ó arcillas*, y se concentra en los residuos la parte mas rica del mineral : del mismo modo se separan tambien los granos muy finos de los que son mas gruesos, y que á veces constituyen especies de diversa naturaleza. El segundo modo de lavar, consiste en someter el polvo á la accion de una corriente de agua por la que se separan unas de otras las sustancias de diferente *densidad*. Se hace uso para esta operacion de una tabla de madera como de media vara de largo y un poco ahondada en forma de una concha

oblonga; y se pone en la parte superior de ella el polvo que se quiere lavar. Sobre este polvo se deja caer un chorrito de agua por un tubo que viene de un depósito de agua, y se puede abrir ó estrechar, como se quiera, por medio de una llave. Se principia por desleir el polvo, y se revuelve con los dedos, mientras el agua pase turbia; despues se estiende el residuo en la parte superior de la tabla, de manera que ocupe como la cuarta parte de su largo. El agua ha de caer un poco arriba de lo que se lava; y entonces sujetando bien la extremidad superior de la tabla con la mano izquierda, se le imprimen con la derecha repetidos sacudimientos en direccion del eje lonjitudinal. A cada sacudimiento, todas las partículas se suspenden por un instante en el agua; pero luego vuelven á caer á diversas distancias segun su densidad: las mas pesadas forman arriba una *liz;* las mas livianas pasan por abajo, y la parte intermedia consta de zonas de diversa riqueza y naturaleza. Despues de esto se hace oscilar la tabla sobre su eje de modo que éste quede inmóvil; y al mismo tiempo se lo inclina un poco á fin de hacer bajar las partes livianas que todavia quedan en la superficie. Cuando ya la mayor parte de partículas livianas se hallan reunidas en lo mas inferior, se las hace caer con el dedo en un vaso colocado debajo de la tabla; y se vuelve á pasar lo restante hacia arriba, para repetir la misma operacion hasta que se purifique del todo el mineral. Agregaremos que para este modo de lavar, no se necesita que el polvo sea muy fino; ántes por el contrario un polvo grueso se lava mejor, sin que se pierda la parte mas rica del mineral.

En lugar de aquella tablita que se emplea en los laboratorios y en algunas minas de Europa, hacen uso los mineros americanos de lo que llaman *achua, poruña, batea,* cuyo uso cómodo y sencillo se aprende solo por práctica.

§ 2.° OPERACIONES QUIMICAS.

Las operaciones químicas que se verifican comunmente en los ensayes por la via seca, son: la *calcinacion*, la *reduccion* y la *fundicion*.

Calcinacion.

Importa mucho distinguir la calcinacion que se hace con el contacto del aire, de la que se efectua en vasos cerrados sin ese con-

tacto. Esta tiene por objeto hacer salir del mineral todas las sustancias volátiles que se puedan separar por el fuego, como son el agua, el ácido carbónico y en varios casos el azufre, el arsénico, el antimonio &c., mientras que el primer modo de calcinar sirve para combinar algunos elementos constitutivos con el oxíjeno del aire.

Calcinacion con el contacto del aire.—Este modo de calcinar se llama tambien *tostar* (griller).

De este modo se calcinan los metales y sus protóxidos, para hacerlos pasar al mayor grado de oxidacion.

Se calcinan los súlfuros, los arseniuros, los arsenio-súlfuros &c., para separar á lo ménos en parte el azufre, el arsénico, el antimonio &c.

A veces, se calcinan los cloruros para trasformarlos en óxidos.

Para calcinar un mineral, se lo reduce á un polvo muy fino, y se pone en una tasita chata de arcilla, colocandola en un hornillo de copela. Este último método es mejor y mas cómodo, porque el aire que entra en la mufla, es puro, sin vapor de combustible, y por consiguiente es capaz de oxidar mas pronto los elementos, y porque en la mufla es mas fácil graduar la temperatura acercando la tasa al borde de la mufla ó poniendola mas adentro. *Operacion de calcinar.*

No siendo posible efectuar completamente la calcinacion de un mineral, si no se ponen sucesivamente todas sus partículas en contacto con el aire, y como tambien la fundicion del polvo impediria este contacto, es menester revolver continuamente el polvo con un alambre de hierro al principio de la operacion, y templar la temperatura. Los mas minerales que necesitan calcinacion para separar el azufre, el arsénico ó el selénio, son muy fusibles; pero á medida que avanza la calcinacion, se vuelven mas difíciles de fundir: por consiguiente, es preciso principiar la calcinacion á la temperatura mas baja posible, y no elevarla sino cuando dejen de desarrollarse los vapores. Cuando la operacion llegue al punto de que no se exhale ningun vapor de la materia calcinada, es bueno y en algunos casos absolutamente necesario añadir un poco de carbon molido, tapar el crisol ó la tasita en que se hace la calcinacion, y aumentar mucho fuego. Poco rato despues se destapa el vaso, y se vuelve á calcinar el residuo como ántes, repitiendo la misma operacion hasta que no se exhale nada del mineral. De este modo

se deben calcinar los arseniuros y arsenio-súlfuros; porque en su oxidacion se desarrolla una gran cantidad de ácido arsenioso, y se forman arsénitos; y como estos últimos no se descomponen por el calor, se necesita añadir carbon, para que el arseniato se trasustancie en arseniuro. Luego que se agrega el combustible, una nueva cantidad de ácido arsenioso se exhala, y por consiguiente, á cada nueva porcion de carbon que se añade, se separa una nueva cantidad de arsénico que se volatiliza, sea al estado de ácido arsenioso, sea al estado puro. La practica demuestra que al fin queda en el residuo una cierta porcion de arsénico que ya no se puede separar por medio de la calcinacion.

Calcinacion de los súlfuros. Calcinando los súlfuros, se desarrolla ácido sulfuroso, y se forma un sulfato; y como todos los sulfatos, excepto el sulfato de plomo, se descomponen por el calor albo, y casi todos obran en los súlfuros originando óxidos y ácido sulfuroso, la calcinacion puede efectuarse completamente sin añadir carbon; solo se necesita elevar de cuando en cuando la temperatura para descomponer los sulfatos, y esto se efectua tapando el vaso en que se calcina el mineral y adaptando al hornillo el tubo de aspiracion, ó bien poniendo la tasa mas adentro de la mufla si la calcinacion se hace en un horno de copela. Cuando se calcina el súlfuro de plomo, no se debe añadir carbon, porque se formaria un sub-súlfuro muy fusible que se pegaria al vaso: no se debe tampoco elevar la temperatura, porque el óxido de plomo es fusible, y por esto no se puede separar el azufre de la galena por la calcinacion. Hay súlfuros, como el de antimonio, que se deben calcinar á una temperatura baja, desde el principio hasta el fin de la operacion, y otros como el sulfuro de zinc (la blenda) que se pueden calcinar á una temperatura muy elevada.

No se necesita una arcilla muy refractaria para hacer los vasos que se emplean en la calcinacion de los minerales, porque estos vasos, tasas ó crisoles no se someten nunca á un calor muy intenso; pero no deben rajarse por las variaciones de temperatura, y en el interior deben ser muy lisos á fin de que se pueda quitar el residuo. Muchas veces, cuando se quiere evitar la pérdida de mineral calcinado que se pegaria aunque en pequeña cantidad al fondo de la tasa, es preciso calcinar el mineral en el crisol mismo en que se le ha de fundir. En este caso se debe inclinar un poco el crisol miéntras dura

la calcinacion, para que el aire entre, y se remueve mas facilmente en el interior del crisol. Cuando se hace uso de una capsula de porcelana, es preciso calentarla y enfriarla muy lentamente porque la porcelana se quiebra por las variaciones repentinas de temperatura.

Reduccion.

Esta operacion tiene por objeto quitar el oxijeno á un óxido ó á un compuesto oxijenado : para esto, se calienta el cuerpo que se quiere reducir, con el carbon á una temperatura mas ó menos elevada. La operacion se efectua, 1.° sea mezclando intimamente el mineral con el carbon molido, 2.° sea por via de *cementacion*. Siguiendo el primer método se necesita añadir un exceso de carbon, y este exceso las mas veces impide la fundicion ; mientras que por el segundo método evitamos este inconveniente.

Cuando se pone un óxido metálico molido ó en pedazos en medio del carbon en un crisol, y se lo calienta, la cementacion se verifica gradualmente desde la circunferencia de la masa del óxido hacia el centro, de un modo análogo á la cementacion del hierro en barra, cuando se lo calienta en medio de carbon para trasustanciarlo en acero. El tiempo que se necesita para esto, depende de la naturaleza del óxido, de su cantidad y del grado de elevacion de la temperatura : así, la cementacion es tanto mas larga cuanto mayor sea la afinidad del metal con el oxíjeno, y cuanto mas se eleve la temperatura. En jeneral, esta operacion se efectua mas pronto, cuando el metal se funde, que en el caso de la cementacion del mismo metal sin fundirlo.

Fundicion.

Se intenta de fundir un mineral en un ensaye,

Objeto de la operacion.

1.° Para determinar poco mas ó menos su grado de fusibilidad,

2.° Para saber que aspecto y que propiedades adquiere por la fundicion ; si pierde y cuanto pierde de su peso á este grado de temperatura.

3.° En fin, se funde un mineral ó cualquiera sustancia heterojénea, sea para estraer un metal ó una alecacion, sea para separar las sustancias metálicas de los compuestos pedregosos. En este último caso la operacion toma el nombre de *fundicion cruda ;* mientras que, cuando se estrae el metal, la operacion se llama *reduccion* ó *desulfuracion* se-

gua el caso en que, para obtener este metal ó alguna aleacion, se necesita quitar á sus compuestos el oxíjeno ó el azufre.

La fundicion se opera en unos vasos que se llaman *crisoles*, y se hacen de arcilla pura ó de arcilla mezclada con carbon, arena ó cuarzo molido.

Arcillas Las arcillas constan esencialmente de sílice, alumina y agua; pero se hallan tambien mezcladas con gran número de otras sustancias. Las que son puras, son blancas, opacas, de grano muy fino, untuosas al tacto, de una contestura térrea; su peso específico es como de 2, 5. Tienen la propiedad de hincharse y desleirse en el agua, formando unas pastas dúctiles, mas ó ménos firmes, ligosas, capaces de sacar cualquiera forma que se les dé. Puestas en contacto con aire seco, abandonan poco á poco el agua que habian absorvido, no retienen sino cierta proporcion fija de ella con la cual se hallan combinadas quimicamente: al mismo tiempo se contraen considerablemente, y se rajan en todos sentidos, si la desecacion no se efectua con la mayor lentitud posible.—Calcinadas con un calor graduado, pierden diversas porciones de su agua de combinacion, y tanto mas se contraen cuanto mayor es la temperatura; en fin al calor rojo abandonan la mayor parte de su agua de combinacion, y la pierden enteramente al calor albo.

Las arcillas puras son refractarias, resisten al mayor fuego de los hornos sin derretirse; pero se ablandan, y á veces toman un poco de lustre en la superficie y en la fractura. Las arcillas húmedas ó solo desecadas se atacan en parte por los ácidos muriático y nítrico, y se descomponen casi enteramente por el ácido sulfúrico concentrado é hirviendo: calcinadas al apuntar el calor rojo, no dejan de ser atacables por estos ácidos; pero una vez sometidas al calor albo, no se corroen por ninguno. Todas se atacan muy bien por los álcalis causticos y los carbonatos alcalinos por la via seca.

Composicion. Las sustancias que se hallan mezcladas con varias especies de arcilla en la naturaleza, son: el betun, la grafita, el cuarzo, el óxido de hierro, el hidrato de hierro, los óxidos de manganesa, el carbonato de cal, la pirita, el hidrosilicato de magnesia, el hidrato de alúmina, el silicato de hierro &c.—El betun dá á la arcilla un color pardo que se vuelve negro por la calcinacion en vasos cerrados, pero desaparece cuando se lo calcina con contacto del aire: algunas con-

tienen tanto betun que se parecen á los combustibles. Las que tienen mucha grafita, se llaman *plombagihas*, y son muy buenas para crisoles.—Hay casi siempre en todas las arcillas arena cuarzosa de grano muy fino, áspero al tacto; y esta arena se puede casi enteramente separar por un lavado hecho con prolijidad. Se hallan tambien muy á menudo en las arcillas, óxidos de hierro y de manganesa; y la presencia de estos óxidos es muy perjudicial, cuando se quiere hacer uso de una arcilla para hacer crisoles ó ladrillos de fuego; porque estos óxidos, formando unos silicatos dobles con alumina muy fusible, facilitan la fundicion de la mejor arcilla pura. Lo mismo sucede con la pirita: solo ésta se puede separar en parte por medio del lavado. Son muy abundantes en la naturaleza.

Las arcillas mezcladas con carbonato de cal, se llaman *margas*, y se reconocen por la efervescencia que producen con los ácidos. Estas arcillas no se pueden emplear en la fabricacion de crisoles ó de ladrillos refractarios, porque forman siempre unos silicatos dobles de cal y de alumina, que son mas ó ménos fusibles; pero las margas son muy buenas para fabricar la loza. La magnesita ó silicato de magnesia se parece mucho á las arcillas blancas puras: se deslie facilmente en el agua, y forma con ella una pasta viscosa pero de poca tenacidad. Las arcillas que se hallan mezcladas con esta sustancia, no son refractarias, porque con un calor activo se forman silicatos dobles de magnesia y de alumina, que son fusibles. Por la misma razon no sirven para la fabricacion de crisoles ni de ladrillos refractarios las arcillas que contienen algun silicato de protóxido de hierro, cuya presencia se reconoce por el color gris verdoso que tienen estas arcillas, y que se cambia en color amarillo rojizo, cuando se calcinan con el contacto del aire.

Modo de conocer una buena arcilla.

Resulta de todo esto que, para reconocer si una arcilla puede ser buena ó no, para hacer crisoles, planes de horno ó ladrillos de fuego, examinaremos primero su color, que debe ser blanco, gris ó negruzco, y de ningun modo amarillo ni rojizo; echaremos despues en esta arcilla un poco de ácido para ver si hace efervescencia; y si la hace, es prueba que contiene cal; y por esto no puede ser refractaria; someteremos en tercer lugar la misma arcilla á una calcinacion con el contacto del aire, y si se pone muy amarilla ó rojiza, eso prueba que contiene hierro.—En fin examinaremos su grano, si es áspero ó sua-

ve, su modo de portarse con el agua, la tenacidad de la pasta que hace con ella &c.

A esto voy á agregar la composicion de las mejores arcillas que se usan en la fabricacion de los crisoles y ladrillos.

	Hayange. (1)	Stourbridge. (2)	Hoeganas. (3)	Forges. (4)	Le Montet. (5)
Silice.	0,661	0,637	0,569	0,650	0,617
Alumina.	0,198	0,207	0,219	0,240	0,247
Magnesia.	....	....	0,006	....	....
Oxido de hierro.	0,063	0,040	0,034	....	0,022
Agua.	0,075	0,103	0,174	0,110	0,100
	0,997	0,987	1,002	1,000	0,986
	Vanvres. (6)	Devonshire. (7)	Hesse. (8)	Andennes. (9)	Chango muerto. (10)
Silice.	0,540	0,496	0,465	0,520	0,597
Alumina.	0,250	0,374	0,349	0,270	0,296
Cal.	....	....	....	....	0,018
Oxido de hierro.	0,060	....	0,030	0,020	....
Agua.	0,140	0,112	0,152	0,190	0,090
	0,990	0,982	0,995	1,000	1,000

(1) *Arcilla de Hayanges.*—Se usa para hacer ladrillos refractarios.—Es un poco amarilla y mezclada con arena.

(2) *Arcilla de Stourbridge* (Inglaterra). De color pardo y muy homojénea.—Sirve para hacer crisoles, que se usan en la fabricacion del vidrio y del acero fundido.—Es muy refractaria.

(3) *Arcilla de Hoeganas* (Suecia). Proviene de un terreno que tiene carbon de piedra.—Muy refractaria.

(4) *Arcilla de Forges* (Francia). De color pardo.—Se pone blanca por la calcinacion.

(5) *Arcilla de Le Montet* (Francia).—Sirve para hacer ladrillos muy refractarios.

(6) *Arcilla de Vanvres* (cerca de Paris). De color pardo : calcinada, se pone colorada.—Sirve para hacer los hornillos de laboratorio.

(7) *Arcilla de Devonshire* (Inglaterra).—Una de las mejores de

Inglaterra.—de color blanco parduzco—calcinandola se pone blanca.

(8) *Arcilla de Hesse* (Alemania).—Sirve para hacer crisoles muy refractarios, que se llaman crisoles de Hesse; tiene un color rojo pálido por la calcinacion.

(9) *Arcilla de Andennes* (Francia).—Sirve para hacer los mejores crisoles de Paris.

(10). *Arcilla de Chango muerto* (Chile). Mezclada con cuarzo molido (pedernal), sirve para hacer crisoles y planes de hornos de reverbero. Es blanca, en algunas partes algo amarillenta; en otras, un poco gris ó parduzca—muy refractaria.

Preparacion de la arcilla.

No se emplea aun la mejor arcilla en la fabricacion de crisoles sin purificarla de la arena que contiene. Para esto, primero se separan con la mano las partes mas coloradas, y se escojen las mas limpias. Estas se deslien en el agua para formar una papilla muy líquida, la que se pasa por un tamiz de alambre para separar la parte gruesa de arena y las partículas de arcilla que no se han desleido.—Despues se añade á la papilla mas fina mucha agua, y revolviendo todo en unas tinas muy grandes, se decantan las aguas turbias, y se dejan por algun tiempo en un estanque, para que se asiente toda la arcilla pura. Entonces se decantan otra vez las aguas de encima, se recoje el poso que se ha formado, y se lo mezcla con las sustancias que se han de añadir para mejorar la calidad de los crisoles. Esta mezcla se debe hacer del mejor modo posible; y para esto se la revuelve pisandola por mucho tiempo hasta que se forme una pasta muy homojénea. En algunas fábricas suelen dejar esta pasta ya bien revuelta en un lugar húmedo por algunos meses, lo que llaman hacer *podrir la arcilla :* no cabe duda en que de este modo se mejora mucho su calidad. En fin, preparada de este modo la pasta se pone en unos moldes destinados á darle la forma y el tamaño de los crisoles, los cuales se secan despues muy lentamente y por mucho tiempo, para que disminuyan de volúmen igualmente en todos sentidos sin rajarse. Muchas veces se cuecen á una temperatura moderada para darles el grado de dureza y cohesion conveniente; pero en los laboratorios se emplean comunmente no cocidos.

Fabricacion de los crisoles.

Los buenos crisoles deben cumplir con las cuatro condiciones siguientes: 1.° Deben resistir á las variaciones repentinas de temperatura sin rajarse: 2.° Deben ser infusibles: 3.° Deben resis-

tir á la accion del litargirio y de varios otros flujos : 4.º Deben ser bastante compactos para que no los atraviesen los líquidos ni las sustancias gaceosas.

Las dos primeras condiciones son las mas importantes. Para que los crisoles resistan á las variaciones de temperatura, se añade á la arcilla pura un *cemento*, es decir, unas sustancias infusibles, que tienen la propiedad de conservar su volúmen á una temperatura elevada : estas sustancias son el cuarzo molido, la arcilla calcinada, unos pedazos de crisoles, la grafita y el cok (ó carbon de piedra calcinado). Se reducen estas sustancias á un polvo mas ó ménos fino segun el grano que se quiera dar á la pasta. Mientras mas cemento se añada, mejor resistirán los crisoles á las variaciones de temperatura sin rajarse ; pero al mismo tiempo se aumenta su porosidad y disminuye su firmeza ; de modo que un exceso de cemento hace perder á la pasta su tenacidad.

Los crisoles mas refractarios se hacen con arcilla pura, ó la que no tiene mas de tres ó cuatro por ciento de óxido de hierro ; sobre todo, no debe tener sustancias calcáreas. Sin embargo, los crisoles aun de arcilla pura, no son completamente infusibles, y se ablandan á una temperatura elevada deformandose. Para evitar este inconveniente, se añade á la pasta un poco de cuarzo, de grafita, de cok, ó bien de cualquier carbon. La grafita y el cok son mejores para esto que los demas ingredientes, porque no ejercen ninguna accion sobre la arcilla ; pero no se deben añadir con mucho exceso, porque quemandose con el fuego, dejarian el crisol mui poroso. El carbon de leña siendo mas combustible que el cok ó la grafita, no se debe añadir sino en una proporcion todavia menor.

He aquí la composicion de los mejores crisoles que se encuentran en el comercio.

	Hesse. (1)	Paris. (2)	Inglaterra. (3)
Sílice.	0,709	0,646	0,710
Alúmina.	0,248	0,344	0,230
Oxido de hierro.	0,038	0,010	0,040
	0,995	1,000	0,980

(1) *Crisoles de Hesse.*—Se hacen con arcilla de Hesse (8), á la que se añade $\frac{1}{3}$ de su peso de arena pura de cuarzo. Son muy refractarios, y resisten bien á las variaciones de temperatura; pero son porosos, de grano demasiado grueso, y no pueden contener por mucho tiempo el litargirio ó las sustancias alcalinas á una temperatura elevada sin fundirse.

(2) *Crisoles de Paris.*—Son tan refractarios como los de Hesse; pero resisten mejor á la accion del litargirio fundido. Se hacen con parte de arcilla de Andenne (9) cruda y 2 partes de la misma arcilla cocida y quebrantada en polvo grueso: para que la superficie sea muy igual, se la cubre con una capa muy delgada de arcilla cruda muy pura.

(3) *Crisoles de Inglaterra.*—Se emplean para hacer el acero de fundicion.

Crisoles de carbon ó crisoles de brasca.

Como todas las sustancias oxidadas obran sobre la arcilla de crisoles y á mas de esto muchos metales y sus óxidos adhieren fuertemente al crisol, se necesitan en varios casos unos crisoles de carbon, que se hacen con los mismos crisoles de arcilla guarnecidos en su interior con una capa de carbon. Para esto se toma carbon de leña muy puro, se muele y se pasa por un tamiz de seda; despues se humedece el polvo con agua; y se echa en el crisol primeramente una capa de 4 á 5 líneas de espesor de este polvo. Se lo aprieta bien con un majadero de madera, machacando el carbon mas y mas hasta que tome mucha consistencia. Sobre esta capa apretada se pone otra del mismo grueso, y se la aprieta del mismo modo que ántes; despues se pone una tercera, y así sucesivamente hasta llenar todo el crisol. Entonces se hace en medio del carbon, con un cuchillo bien afilado, un hueco de la misma forma que el crisol; y es preciso pulimentar la superficie interior con un tubo de vidrio redondo, para que las granallas metálicas que se forman en los ensayes, no pasen en las asperezas y se reunan en una esferilla.

De este modo acomodados los crisoles, se llaman *crisoles de brasca*, y tienen la ventaja de ser muy firmes y mucho mas refractarios que los crisoles sin carbon. A mas de esto las sustancias vítreas que se producen en un ensaye, no pudiendo atravesar la brasca, no ejercen ninguna accion sobre la arcilla del crisol, se recojen puras, y se pueden pesar. No se necesita añadir *reductivo* alguno al flujo, cuando

se hace el ensaye en un crisol de brasca, porque en muchos casos la misma brasca hace reducir el mineral que se ensaya por *via de cementacion*.

Precauciones que se han de tomar en la fundicion.

Se deben emplear los crisoles mas chicos que se pueda, con tal que las sustancias que se funden, no produzcan efervescencia.

Las tapas que sirven para cubrir los crisoles, deben ser de la misma arcilla que los crisoles; y se deja un agujero en el centro de la tapa para dar paso á los vapores y gaces que se desarrollan en el ensaye.

Cuando se hace el ensaye á una temperatura moderada, y las sustancias producen mucha efervescencia, se debe levantar de cuando en cuando la tapa del crisol, y se la quita en caso que la materia llegue hasta el borde. Se tiene entonces el crisol destapado, y se modera la temperatura hasta que el ensaye deje de hervir; despues se vuelve á poner la tapa en el crisol, y se aumenta el fuego.

Si el ensaye se hace á una temperatura muy elevada (p. ex. de 130° á 150° p.) y en un crisol de brasca, es preciso fijar la tapa en el crisol, por medio de una arcilla tan refractaria como la del crisol, y se la aprieta bien en los bordes con los dedos mojados.

Tambien se debe apretar en el crisol las sustancias que se someten al ensaye, para reducirlas al menor volúmen posible; y se emparejа la superficie dejandola mas bien convexa que cóncava.

Si se colocase el crisol inmediatamente en la reja, la corriente de aire frio que entra por ella, enfriaria la parte del crisol que necesita mayor fuego, es decir la parte en que se han de juntar todas las partículas metálicas que se quiere fundir. Por esto los crisoles se ponen siempre sobre unos *apoyos* de arcilla que se colocan en la reja. Estos apoyos deben ser tanto mas altos cuanto mayor es la temperatura en que se hace el ensaye. Tambien se necesita mucho cuidado para colocar los crisoles muy verticalmente, á igual distancia unos de otros, sin que toquen las paredes del horno. Se sujetan con pedazos gruesos del mismo carbon; y despues de llenar con carbon el hornillo, se echan algunas áscuas por encima para prender el fuego.

CAPITULO 2.

HORNOS QUE SE EMPLEAN PARA HACER ENSAYES POR LA VIA SECA.

Tenemos que distinguir dos clases de hornos que se usan en los ensayes por la via seca. 1.º Hornos en los que la corriente de aire se establece por aspiracion ; y estos son : *hornillos de calcinacion, hornillos de reverbero, hornos de viento, hornos de copelacion.* 2.º Hornos que necesitan fuelles para mantener la combustion, y se llaman *hornos de fuelles* ó *forjas.*

Cuatro partes se distinguen en un horno cualquiera : 1.º *el hogar* ó cuba donde se coloca el combustible : 2.º *la reja* ó el fondo de la cuba : 3.º *el cenicero* : 4.º *la chimenea.*

§ 1.º HORNILLOS DE CALCINACION.

Estos hornillos son chicos y de poca hondura, porque nunca se usan para producir una temperatura muy elevada. Se hacen cuadrados ó redondos : los primeros son mas fáciles de construir, ofrecen mas comodidad para remover y disponer el carbon adentro, y dan lugar para colocar dos ó tres crisoles de una vez ; pero los segundos producen mas calor con el mismo consumo de combustible. La *cuba* se hace de buenos ladrillos y arcilla refractaria ; en los bordes se pone un cuadro de hierro para dar mas solidez al hornillo. La *reja* se compone de barritas de hierro soldadas en cuadro : estas no deben ser gruesas, y deben ponerse distantes unas de otras cuanto se pueda, porque mientras mas se facilite el acceso del aire, mas se eleva la temperatura. El *cenicero* debe tener las mismas dimensiones en superficie que la cuba ó el hogar ; y la puerta por la que entra el aire, ha de tener el mismo ancho que el cenicero, á fin de facilitar la entrada del aire. La *chimenea* no es fija, y solo se adapta al hornillo, cuando se quiere producir una temperatura elevada. Se compone de un tubo de aspiracion, hecho de una hoja de hierro con un mango de madera ; el tubo no tiene mas de 6 á 8 decimetros (1 vara) de alto ; y en caso que se necesite una temperatura mas elevada, se pone encima de éste otro mas largo.

Hornillos de evaporacion. Se usan en un laboratorio hornillos de calcinacion de diversas dimensiones y diferente hondura. Los que tienen muy poca hondura, se usan en los ensayes por la via húmeda, como hornillos de evaporacion; y los mas cómodos para esto son unos hornillos portátiles de greda ordinaria, que tienen 6 á 9 pulgadas de diámetro de hondura, con una rejilla movible de greda. De mayor comodidad todavia para el mismo fin, es un *baño de arena*, cuyo fondo y paredes se calientan con la llama de una estufa

§ 2.° HORNILLOS DE REVERBERO.

Se llaman hornillos de reverbero en un laboratorio, unos hornillos portátiles, redondos, que se pueden cubrir á voluntad con una redoma ó reverbero. Estos hornillos pueden servir para calcinar ó fundir, pero las mas veces se emplean para *destilar* ó *sublimar*. Se componen de tres piezas: 1.° el *hornillo* propiamente dicho, que en nada difiere del hornillo anterior: 2.° el *laboratorio*, que es una pieza cilíndrica, del mismo diámetro que la anterior, y se ajusta sobre ella: 3.° la *redoma* ó *reverbero*, pieza del mismo diámetro que el laboratorio, pero hemisférica, y sirve para reflectar el calórico y reconcentrarlo en el interior. Se coloca esta última pieza sobre el *laboratorio*, y éste sobre el *hornillo*. Un agujero redondo, hecho parte en el laboratorio y parte en el reverbero, sirve para dar paso al cuello de la retorta, la que se coloca en dos barras de hierro encima del hornillo. Otro agujero que se halla en el centro del reverbero, se cubre á voluntad con uno ó dos tubos de aspiracion; y dando al laboratorio una hondura mas ó ménos considerable, se puede producir la temperatura que se quiere. Se hacen estos hornillos con arcilla cocida; y para darles mucha firmeza, se rodean con unos arcos ó alambres de hierro.

§ 3.° HORNILLOS DE VIENTO.

Estos no se diferencian de los hornillos de calcinacion sino en que tienen una chimenea fija, muy elevada, por la que se determina una aspiracion ó corriente de aire muy activa, capaz de producir mucho mas calor que el que se consigue en los anteriores. El interior de la *cuba*, ó el hogar del horno se hace de ladrillos refractarios; su forma es cuadrada, y en los bordes se pone un arco

de hierro para que no se deterioren las paredes con las herramientas y tenazas. La *reja* se compone de barras de hierro cuadrado, (de 1 á 1½ pulgadas de grueso) movibles, que se puedan alejar mas ó ménos unas de otras, segun que se necesite mas ó ménos aire para la combustion. Estas barras descansan por un extremo en otra barra fijada en la misma pared del horno, y por el otro en la base de un agujero en la parte anterior del horno; y por este agujero se retiran ó se acomodan á voluntad. Importa mucho no acercar demasiado estas barras unas á otras, y apartarlas cuanto se pueda, á fin de dar libre acceso al aire.—La cuba está abierta por arriba, y no se comunica con la chimenea sino por medio de un conducto horizontal, que principia en la parte superior de la cuba, tiene el mismo ancho que ésta, y se une al cañon de la chimenea. Este conducto horizontal se hace tambien con ladrillos de fuego; y en el orificio de la cuba se adapta una *tapa* (ó cubierta) movible, hecha con ladrillos encajados en un cerco de hierro grueso. La *chimenea* se edifica trás del hornillo, y debe ser vertical. Mientras mas alta y espaciosa sea la chimenea, mas activa se produce la corriente de aire; y por consiguiente mas se eleva la temperatura. Sin embargo, hay en esto cierto límite que seria inútil traspasar, al ménos en los ensayes por la via seca. Una chimenea de 12 ½ varas á 18 de alto en estos hornos, es capaz de producir un calor que haria ablandar los crisoles mas refractarios. El cañon interior se hace comunmente cuadrado, y se le dan las mismas dimensiones horizontales que las de la cuba ó del hogar. Se construye con ladrillos ordinarios; y para darle mas firmeza, es preciso unirlo con barras de hierro verticales que se juntan por medio de unas llaves colocadas horizontalmente en la pared de la chimenea. A una altura como de un pié encima del cañon horizontal, se adapta á la chimenea una plancha de hierro, que se mueve horizontalmente, y sirve para cerrar enteramente el paso del aire, ó disminuir su anchura á voluntad.

§. 4.º HORNILLOS DE FUELLES ó FORJAS DE ENSAYES.

En estos hornillos el aire pasa al traves del carbon mediante una máquina sopiante en lugar de ser introducido por aspiracion por medio de una chimenea. Por esto, todos tienen el inconveniente de necesitar máquinas y hombres que las muevan, por lo que se

usan poco en un laboratorio. Estos hornillos se hacen de diversa forma y construccion : en unos el aire entra por la reja como en los anteriores, en otros por los agujeros laterales hechos en la pared del hogar ó de la cuba. Producen comunmente mayor temperatura que los de viento; pero como son ménos cómodos que estos últimos, citaremos solo una especie que tiene la ventaja de ser portátil, y por esto se usa muy á menudo en las minas.

Es un hornillo redondo, cilíndrico, hecho de una hoja de hierro gruesa, forrada con arcilla refractaria. Tiene 1 pié de alto, 10 pulgadas de diámetro exterior y 6 pulgadas de diámetro interior : á $2\frac{1}{2}$ pulgadas del fondo se pone una reja, hecha de una sola pieza de hierro batido de 6 líneas de grueso, horadada con unos agujeros algo inclinados hacia el centro, de modo que todos se dirijan hacia un punto que está como 3 pulgadas arriba del centro de la reja, precisamente en el lugar en que se coloca la parte inferior del crisol, donde se necesita mayor fuego para la fundicion. La cuba tiene 6 pulgadas de hondura, y la tobera del fuelle entra por un agujero hecho en el mismo cenicero. El grado de temperatura que se quiere producir en este hornillo, pende de la presion del viento y por consiguiente del peso con que se cargan los fuelles : y en caso de necesidad de un fuego muy activo, *p. ex.* para fundir hierro ó manganesa, se hará uso del cok (carbon de piedra calcinado) y no de carbon de leña.

Fragua. Cuando necesitamos hacer unos pocos ensayes, podemos valernos de una forja de herreria. En este caso, se debe levantar al rededor de la *tobera* tres paredes rectangulas con buenos ladrillos unidos con arcilla y de bastante altura para que pasen de 3 á 6 pulgadas encima del crisol. Se coloca este crisol en un apoyo de arcilla en el mismo centro entre las tres paredes y la de la forja ; se llena todo de carbon, y se dá viento. Como el viento toca inmediatamente al crisol por un solo lado, sucede muy á menudo que este se raja ; y para evitar esto, es preciso poner cuidado en tener el espacio entre la tobera y el crisol siempre lleno de carbon.

§ 5.º HORNILLOS DE COPELACION.

Estos son verdaderos hornillos de reverbero en medio de los cuales se coloca una pequeña pieza semicilíndrica que se llama *mufla*

Esta pieza estando rodeada por todas partes de combustible, se calienta fuertemente ; y se pueden ejecutar en su interior todas las operaciones que necesitan acceso del aire, como la calcinacion ó tuesta, la escorificacion y la copelacion, las cuales no se pudieran verificar con el contacto del carbon. Se hacen estos hornillos de diverso tamaño : los mas grandes son cuadrados como de 15 pulgagadas 6 líneas de ancho y 14 pulgadas 8 líneas de alto. Los mas chicos son elípticos, y su mayor diámetro no pasa de 8 pulgadas. Las mas veces se hacen de buena arcilla refractaria, y se consolidan con fajas de hierro ajustadas con tornillos y tuercas ; pero en grandes injenios donde los tienen siempre con fuego, se hacen muchas veces de hoja de hierro gruesa, guarnecida interiormente con arcilla.

Los hornillos ordinarios constan de tres piezas, que se colocan unas sobre otras : 1.° el cenicero, 2.° el laboratorio, 3.° la cúpula.

El *cenicero*, tiene á lo ménos una puerta : es mas ancho que el cuerpo del hornillo, y bastante grueso para sostener la base de éste sobre muescas ó entalladuras que hay en ella. El *laboratorio* ú *hogar* en que se coloca la mufla, está con una reja en la parte inferior, y tiene algunas aberturas. La primera es ancha y semicircular, y es por donde entra la mufla. La segunda se halla en la pared posterior ; y por esta abertura entra en lo interior el ladrillo sobre el cual descansa la mufla. Otras aberturas sirven para pasar en lo interior un alambre de hierro á fin de revolver el combustible, y hacerlo bajar en la reja. Comunmente se hacen en tres costados é inmediatamente encima de la reja tres de estas aberturas que pueden cerrarse cuando se quiera, con unas puertas de arcilla cocida. Debajo de la mufla hay una tablita de la misma materia, que forma cuerpo con el hornillo, y se estiende por la superficie anterior : su uso es para poder sujetar la puerta de la abertura durante la copelacion. La cúpula se adapta exactamente al laboratorio, y se termina por un cañon de barro que le sirve de chimenea, y al cual se adapta un tubo de aspiracion de hoja de hierro para producir una temperatura elevada. No hay mas que una abertura en la cúpula : esta se halla en el lado anterior, es semicircular ; y sirve para introducir el combustible.

Las muflas son semicilíndricas, constan de una bóveda algo baja y de una área horizontal. Se hacen de la misma mezcla de *Muflas.*

arcilla y *cemento* que sirve para hacer crisoles : no es necesario que sean muy refractarias , pero deben ser firmes, de modo que no se rompan por las variaciones de temperatura. En la pared posterior de la mufla y en las dos laterales se hacen unas rajaduras horizontales de algunas líneas de largo ; y es por donde se establece la corriente de aire que se necesita para las calcinaciones, copelaciones &c. Para colocar la mufla, se levanta la cúpula, se asienta la mufla por un lado sobre el dicho ladrillo, por el otro sobre el borde de la puerta ; y se embetunan las junturas con arcilla. Importa mucho que la área esté muy horizontal y al mismo nivel que la tablilla.

El pequeño hornillo elíptico de los SS. Aufrye y d'Arcet tiene solo 7 pulgadas 9 líneas de largo, y 19 pulgadas 4 líneas de alto. Su cenicero tiene solo una abertura en el lado anterior. El laboratorio tiene 5 aberturas : una de la mufla, otra para el ladrillo de atras ; una tercera debajo de la tablilla, destinada para pasar un alambre con que se hacen caer en el cenicero las cenizas que tapan la reja : en fin, á la derecha é izquierda se hacen un poco encima de la reja otras dos aberturas que se cierran y abren cuando se quiere, y sirven para introducir el aire, y templar el fuego. Se usan para este hornillo muflas de dos distintos tamaños : unas solo tienen 2 pulgadas 7 líneas de profundidad, y no pueden contener mas de una copela ; otras tienen 4 pulgadas, y son destinadas para recibir dos copelas una atras de otra. La chimenea es de hoja de hierro, que tiene á lo ménos 20 pulgadas de alto.

Se hace uso para los hornillos de copelacion de una mezcla de carbon de leña y cok ; pero se debe empezar siempre por calentar solo con el carbon de leña, porque el cok no se enciende sino cuando el hornillo ya está caliente. Cuando el calor llega al rojo, los grandes hornillos se pueden calentar con cok puro ; pero en los de mediano tamaño, se debe agregar siempre una cierta porcion de carbon de leña ; y los chicos solo con este último se alimentan.

Modo de hacer copelas.

Las muflas son destinadas para recibir copelas, que son unos vasos hechos de huesos calcinados. Se hacen calcinar al efecto hasta que se pongan bien blancos, huesos de cualquier animal ; se pulverizan en un mortero ó molino ; y se los pasa luego por un tamiz de un espesor determinado ; debiendo evitarse tanto el que el polvo sea demasiado grueso como demasiado fino. Este polvo se

lava con mucha agua á fin de limpiarlo de todas las sustancias salinas solubles, y despues se amasa el residuo con agua, de modo que adquiera la consistencia de una pasta algo sólida, que se pone en moldes destinados á darle forma y magnitud conveniente. Estos moldes son de laton, y constan de tres piezas que se pueden separar fácilmente; á saber, de un *segmento de cono*, de un *fondo movible* cuyas orillas circulares están cortadas por el mismo ángulo de inclinacion que las paredes interiores del segmento en que se apoya; finalmente, de un *molde interior*, que tiene forma hemisférica con un realce en su seccion apoyado en los del *segmento del cono*; y tiene un mango de madera ó cobre de 1 ½ á 2 pulgadas de largo. Cuando se ha puesto ya en el *cono* la porcion necesaria de materia, se aprieta con los dedos, se quita el sobrante con una hoja de cobre, se rocia entonces la superficie con polvo finisimo de hueso; y se introduce el molde interior dando repetidos golpes con un mazo de madera, hasta que su relace toque con los del *cono*, y quede bien formado el recipiente de la copela. Para sacar la copela del interior del molde, se coloca el asiento que es móvil, como se ha dicho, sobre una columnita de madera, cuyo diámetro es igual al suyo; cargando un poco sobre el *molde*, baja el cono, y la copela queda entonces descubierta.

Formadas así las copelas y puestas en tablas, se dejan en paraje bien caliente con estufas en invierno, hasta que por medio de la evaporacion espontánea pierdan la humedad supérflua, y adquieran un principio de solidez, en cuyo estado se las mete en un horno dándole el suficiente calor para que puedan cocerse.

Para dar á las copelas las calidades que deben tener, es preciso observar algunas reglas. 1.° El polvo de hueso no ha de ser ni muy grueso ni muy fino: pues en el primer caso dejaria entre sus partículas espacios demasiado grandes, esparcidos con mucha desigualdad, de manera que la copela despues de seca, quedaria demasiado porosa; y en el segundo al contrario, apretandose demasiado las partículas, no dejarian suficientes vacíos para recibir el óxido de plomo ó litargirio que resulta de la copelacion, cuya introduccion no se verificaria por consiguiente sino con mucha dificultad. 2.° Es necesario que la pasta de hueso no esté demasiado seca ni demasiado húmeda, porque en el primer estado no se haria homojénea con la pre-

sion, ó quedaria tan compacta que no conservaria bastantes poros con relacion á su peso; y en el segundo, la superabundancia de agua que queda en la materia, y puede no salir con la presion por estar exactamente cerrado el molde, dejaria demasiado vacio en lo interior de la misma al evaporarse; y semejante vasija sobre ser muy frájil, podria tambien absorber plata.

CAPITULO 3.

DE LOS REACTIVOS QUE SE EMPLEAN EN LOS ENSAYES POR LA VIA SECA.

Hemos de distinguir cinco clases de sustancias que se emplean en los ensayes por la via seca, y llevan el nombre de *reactivos*.

1.° *Reductivos* ó sustancias que producen la reduccion de los óxidos.

2.° *Reactivos oxidantes*, que sirven para oxidar.

3.° *Reactivos desazufrantes*, que producen la reduccion de los sulfuros.

4.° *Reactivos* azufrantes.

5.° *Flujos ó fundientes*, que facilitan la fundicion.

§ 1.° REDUCTIVOS ó SUSTANCIAS QUE SIRVEN PARA REDUCIR LOS OXIDOS.

Las sustancias que producen este efecto, son:

El hidrójeno,

El carbon,

Los aceites crasos, el sebo y las resinas,

El azúcar, el almidon y las gomas,

El ácido tártrico,

El ácido oxálico,

El hierro y el plomo metálico.

El hidrójeno no se emplea en los ensayes por la via seca, por ser muy complicados los aparatos que sirven para reducir los óxidos por medio de este gaz.

El carbon es el reactivo mas comun que se emplea para reducir los óxidos en los ensayes por la via seca. El mejor carbon para esto,

es él de leña bien seco, limpio, pulverizado y cernido. Todos los óxidos metálicos se reducen completamente por el carbon á una temperatura mas ó ménos elevada. La ceniza del carbon no tiene casi ningun influjo notable sobre los resultados de un ensaye ; pero hay dos inconvenientes que presenta el uso del carbon en los ensayes : desde luego, el carbon tiene la propiedad de combinarse con algunos metales, y por consiguiente de aumentar la ley del mineral ; segundo, siendo infusible, y no pudiendo entrar en combinacion con las sustancias vítreas, queda esparcido en la escoria y entre las granallas del metal, se opone á la reunion de éstas en una sola esferilla, y hace difícil la fundicion cuando se halla en una cantidad mayor que la que se pueda quemar por el oxíjeno del óxido. No se puede remediar el primer inconveniente ; pero la cantidad de carbon que entra en combinacion con algunos metales, como, por ejemplo, con el hierro, el cobalto y el níquel, nunca excede 2 ó 3 por ciento ; y se compensa con la cantidad de óxido que queda sin reducirse en las escorias. Para evitar el segundo inconveniente, se debe procurar de no emplear sino la cantidad de carbon necesaria para la reduccion del óxido, sin exceso ; ó bien podemos reducir los óxidos por la via de cementacion en los crisoles de brasca ó crisoles guarnecidos de carbon.

Los aceites crasos, el sebo y las resinas.—No son buenas estas sustancias para reducir completamente los óxidos, porque en jeneral se volatilizan á una temperatura menor que la que se necesita para reducir algunos óxidos ; y por otra parte producen mucha efervescencia en la fundicion pudiendo ocasionar pérdidas de la sustancia.

El azúcar, el almidon, las gomas.—Son mejores para operar la reduccion, porque no son volátiles : obran en los óxidos no solo por el carbon, sino tambien por el hidrójeno que contienen : pero tienen el inconveniente de producir efervescencia como las sustancias anteriores.

El ácido tártrico y el ácido oxálico, no se emplean al estado puro ; pero el primero entra en la composicion del cremor que se usa muy á menudo en los ensayes.

El ácido tártrico consta de	carbono	0,368
	hidrójeno	0,030
	oxíjeno	0,602
		1,000

PODER REDUCTIVO DE LOS CITADOS REACTIVOS.

Fundiendo los diversos reductivos con un exceso de litargirio, segun el método que se va á describir en el artículo que trata de los ensayes del combustible, Berthier ha determinado el poder reductivo de estos reactivos; y ha probado que mientras el carbono puro, como el diamante, es capaz de producir con el litargirio 34 veces su peso de plomo,

El carbon de leña calcinado produce como	32	veces	su peso	de plomo,
El carbon de leña ordinario . .	28	id.	id	id.
La resina	14 ½	id.	id	id.
El azúcar	14 ½	id.	id.	id.
El almidon ordinario	11 ½	id.	id.	id.
El ácido tártrico	6	id.	id.	id.

y por consiguiente el poder reductivo en estas diversas sustancias, varía como los números 32, 28, 14 ½, 11 ½, 6.

Muy rara vez se hace uso en los ensayes por la via seca, de un reductivo, sin que se mezcle al mismo tiempo con otra sustancia, que facilite la fundicion: estas mezclas se llaman *flujos reductivos;* y se hablará de ellas en el artículo de los flujos.

§ 2.º REACTIVOS OXIDANTES.

Los reactivos de esta clase son:

El oxíjeno del aire,

El litargirio y el carbonato de plomo (cerusa),

Los silicatos y los boratos de plomo,

El nitrato de potasa,

El nitrato de plomo,

El peróxido de manganesa,

El deutóxido de cobre,

Los álcalis caústicos,

Los carbonatos alcalinos,

Los sulfatos de plomo, de cobre, de hierro.

El litargirio hace oxidar los mas metales, excepto el mercurio, la plata &c.; y forma en jeneral compuestos muy fusibles con los óxidos: por esto se emplea muy á menudo en los ensayes de oro y de plata; y es uno de los reactivos mas útiles.

El litargirio es protóxido de plomo fundido: el que se halla en el comercio, proviene de la copelacion en grande del plomo; y en jeneral, el que tiene color rojo, suele estar mas puro, y por esto mejor para los ensayes, que el amarillo.

La cerusa es carbonato de plomo. Cuando se somete á una temperatura elevada, se descompone en ácido carbónico que se exhala, y en protóxido de plomo: por esto, fundida en un ensaye, produce el mismo efecto que el litargirio: solo siendo mas liviana que este, necesita crisoles mas grandes; y á mas de esto, estando siempre mezclada con cierta cantidad de acetato ó subacetato de plomo, puede á veces, cuando la funden, producir por sí sola 5 por ciento de plomo.

Accion del protóxido de plomo sobre diversos metales, y sobre el azufre por la via seca:

Sobre el azufre:—el óxido se reduce completamente por el azufre; se forma ácido sulfuroso que se exhala, y no se forma âcido sulfurico.

Sobre el arsénico:—si hay exceso de litargirio, todo el arsénico se oxida; si no lo hay, una parte de arsénico se volatiliza, y otra se combina con el plomo reducido, formando un arseniuro, sobre el cual las escorias no ejercen ninguna accion.

Sobre el antimonio:—el antimonio en parte se oxida, y forma escoria con el litargirio, y en parte queda aleado con el plomo.

Sobre el zinc:—una parte de zinc se volatiliza, otra queda al estado de óxido combinado con el litargirio, formando una escoria cristalina amarilla. Para fundir el óxido de zinc, se necesita ocho veces su peso de litargirio.

Sobre el hierro:—el litargirio se reduce por el hierro; y se forma un óxido intermedio entre el protóxido y el óxido magnético, que pasa á la escoria.

Sobre el cobre:—el litargirio no se reduce completamente por el cobre, y no lo hace pasar sino al menor grado de oxidacion: de esto resulta una escoria fusible, compuesta de dos óxidos y una aleacion de dos metales.

El nitrato de potasa es un oxidante muy activo, por ser muy fácil de descomponerse, y porque tiene una gran proporcion de oxíjeno. Cuando esta sal se halla en exceso con las sustancias que la

descomponen, entonces se desarrolla deutóxido de azoe, que se reconoce por el vapor amarillo que produce con el contacto del aire; y en este caso el salitre cede 0,237 de oxíjeno á las sustancias oxidables. Al contrario, cuando no se halla en proporcion suficiente para oxidar todas las sustancias, se desarrolla azoe casi puro; y la sal emite como 0,395 de oxíjeno.

Alcalis causticos (potasa y sosa).

El carbon descompone los álcalis causticos, apoderandose del oxíjeno del agua, y transustanciandolos en carbonatos; pero estando en exceso, descompone tambien los carbonatos, y separa de ellos el metal. El azufre, el fosforo y algunos metales oxidables como el hierro, el zinc &c. descomponen tambien el agua de estos hidratos.

Los carbonatos alcalinos tienen la propiedad de oxidar algunos metales como el hierro, el zinc, el estaño, por la accion del ácido carbónico que contienen; una parte de este ácido se trasustancia en oxido de carbon, y se produce un compuesto de álcali, de ácido carbónico y óxido metálico. No ejercen ninguna accion sobre el plomo, ni sobre el cobre ni el antimonio.

Los sulfatos de plomo, de cobre, de hierro tienen la propiedad de oxidar los mas metales, aun la plata; y es el ácido sulfúrico el que cede una parte de su oxíjeno pasando al estado de ácido sulfuroso.

§ 3.° REACTIVOS DESAZUFRANTES.

Los reactivos que quitan el azufre á las sustancias minerales, son:

El oxíjeno del aire,

El carbon,

El hierro metálico,

El litargirio,

Los álcalis caústicos,

Los carbonatos alcalinos,

El salitre,

El carbonato y el sulfato de plomo.

El carbon descompone algunos sulfuros, como los de mercurio, de antimonio y de zinc, formando súlfuro de carbon; pero no se emplea en los ensayes sino para aumentar la enerjia de la accion de los álcalis y de los carbonatos alcalinos sobre los súlfuros.

El hierro descompone los súlfuros de plata, de mercurio, de plo-

mo, de bismuto, de estaño, de antimonio y de zinc; pero no descompone sino en parte los súlfuros de cobre. Por esto se emplea frecuentemente en los ensayes, sea al estado de limadura, sea en unos clavos pequeños ó pedazos de alambre. En lugar de hierro se puede hacer uso del oxído de hierro mezclado con carbon.

El litargirio ejerce una accion muy fuerte sobre todos los súlfuros, aun en una temperatura poco elevada; es el reactivo que se emplea casi esclusivamente en los ensayes de los súlfuros que contienen plata ú oro: se obtienen estos metales al estado de aleaciones con plomo, y se separan por medio de la copelacion.

Cuando se emplea el litargirio en proporcion suficiente, todo el azufre del súlfuro se desarrolla al estado de ácido sulfuroso; y el metal queda aleado con el plomo: pero si el súlfuro es de una base muy activa (como son los súlfuros alcalinos y alcalino-térreos), no se desarrolla ácido sulfuroso; pero se forma ácido sulfúrico que se combina con los óxidos.

La cantidad de litargirio que se necesita para descomponer completamenre los súlfuros, es considerable, y no es la misma para todos los súlfuros. *La cantidad de litargirio que se emplea.*

Cuando no se emplea en proporcion suficiente, solo una parte de súlfuro se descompone reduciendo al mismo tiempo una parte de óxido de plomo, y los restos del súlfuro y del litargirio forman entre sí y con el óxido metálico que se ha podido producir, un compuesto que pertenece á la clase de *oxisúlfuros*, y es comunmente muy fusible. El óxido de plomo y los súlfuros se hallan con tanta fuerza unidos en estas combinaciones, que la galena, que se corroe con tanta facilidad por el litargirio puro, no puede separar nada de plomo de un oxisúlfuro, cuando este se halla saturado de súlfuro; ántes bien ella misma se une á la misma combinacion, sin sufrir la menor alteracion.

Tambien hay óxidos que combinandose con oxido de plomo, disminuyen considerablemente su accion sobre los súlfuros. Sin embargo, agregando á cualquier oxisúlfuro una cantidad suficiente de litargirio, se puede siempre descomponer en totalidad el súlfuro que contiene.

Resulta de los experimentos de Berthier que:

El sulfuro de manganesa necesita 30 veces su peso de litargirio, y produce 6 á 7 veces su peso de plomo.

Proto-súlfuro de hierro	30 „ „ „	7	„ „ „
Persúlfuro de hierro ó pirita . . .	50 „ „ „	8 á 9	„ „ „
Súlfuro de cobre.	25	7	„ „ „
Súlfuro de antimonio	25 „ „ „	5 á 6	„ „ „
Súlfuro de zinc (blenda)	25 „ „ „	6 á 7	„ „ „
Súlfuro de mercurio	16 „ „ „	2	„ „ „
Súlfuro de plomo (galena) . .	1000 partes con 1865 de litargirio, todo se transforma en plomo.		
Súlfuro de arsénico	50 á 60 „ „ „ „	10	„ „ „

Los álcalis caústicos y los carbonatos alcalinos descomponen á todos los súlfuros, con la diferencia que los carbonatos no lo hacen, sino cuando están en contacto con el carbon. Se forman siempre unos súlfuros con base de metales alcalinos ; y estos súlfuros retienen en combinacion una cierta cantidad del súlfuro que se experimenta. En todo caso se añade el carbon para impedir que se oxiden el metal y el azufre.

La reduccion al estado metálico de una porcion de álcali que se combina con el azufre, se hace unas veces por una parte de azufre del súlfuro metálico, cuando su metal es poco oxidable, y entonces se forma ácido sulfúrico que queda al estado de sulfato en la escoria ; otras veces por el metal mismo, cuando es muy oxidable : pero con el carbon que se añade, ni el azufre puede pasar al estado de ácido, ni el metal al estado de óxido ; y entonces por este mismo carbon se reduce el álcali.

El salitre obra con mucha actividad sobre todos los súlfuros ; y en algunos casos pudiera aun producir explosion, ó hacer salir la sustancia del crisol, si no se templase su accion por medio de una materia inerte, como el carbonato de sosa que no ejerce ninguna accion sobre el súlfuro, y solo hace apartar las partículas de la mezcla unas de otras, para disminuir el efecto. Las mas veces el salitre hace oxidar los dos elementos del súlfuro al mismo tiempo ; pero con las sales poco oxidables, como son la plata, el cobre, el plomo, se puede aislar estos metales al estado puro, si se emplea tanto salitre cuanto se necesita para oxidar solo el azufre del súlfuro.

§ 4.º REACTIVOS AZUFRANTES.

Los reactivos que hacen pasar los metales al estado de sulfuros, son :

El azufre,

El súlfuro de mercurio (cinabrio),

La galena,

El súlfuro de antimonio,

Las piritas de hierro,

Los persúlfuros alcalinos.

§ 5.º REACTIVOS FUNDIENTES ó FLUJOS.

Se llaman *flujos* los reactivos que facilitan la fundicion de una sustancia mineral en un ensaye por la via seca. Se pueden clasificar los flujos en flujos no metalicos y flujos metálicos.- -Los primeros son:

1. La sílice,
2. La cal, la magnesia,
3. La alumina,
4. Los silicatos de cal y de alumina,
5. Los vidrios,
6. El ácido borico,
7. El borax,
8. El fluoruro de calcio (ó fluspato),
9. El carbonato de potasa y el de sosa,
10. El salitre,
11. La sal marina,
12. El flujo negro y sus equivalentes,
13. El cremor ó tartrato de potasa,
14. El javon y varios flujos compuestos.

Los flujos metálicos son :

15. El litargirio y la cerusa,
16. El vidrio de plomo (silicato de plomo),
17. El sulfato de plomo,
18. El deutóxido de cobre, el óxido de hierro,
19. Y algunas mezclas metálicas.

Los flujos 12, 13, 14 son al mismo tiempo fundientes y reductivos ; es decir, facilitan la fundicion al mismo tiempo que reducen el óxido ; los demas producen solo el primer efecto sin poder verificar la reduccion.

La sílice es infusible, pero facilita la fundicion de algunos criaderos á una temperatura elevada, por la propiedad que tiene de combinarse con todas las bases, y formar con algunas unos silicatos fusibles. Para comprender el uso que se hace de esta sustancia en las fundiciones, es preciso conocer el grado de fusibilidad de los silicatos principales que se forman en las operaciones metalúrjicas.

Muchos experimentos hechos por Berthier, han prabado :

Fusibilidad de los silicatos.

1.º Que la fusibilidad de los silicatos *simples* alcalinos, terreoalcalinos y terreos (de potasa, de sosa, de barita, de cal, de magnesia, de alumina) pende de la fusibilidad de la base, del grado de su afinidad con la sílice, y de la proporcion en que esta base se halla en el silicato. Por ejemplo, la potasa y la sosa siendo fusibles y bases salificables muy activas, sus silicatos son tambien fusibles, y tanto mas cuanto mayor es la proporcion del álcali, mientras que la cal, la magnesia, la alumina siendo infusibles y de menor enerjia para los ácidos que los álcalis, todos sus silicatos *simples* son muy refractarios.

2.º La misma regla se observa entre los silicatos simples metalicos. *Por ejemplo*, el óxido de plomo siendo fusible y base salificable mas activa que el óxido de cobre, sus silicatos siempre son mas fusibles que los de cobre, y tanto mas cuanto mayor es la proporcion de la base.—Se advierte sin embargo, que esta regla jeneral no se verifica, cuando se comparan los silicatos de óxidos metálicos con los anteriores : por ejemplo, el óxido de plomo es mucho mejor fundiente que la barita, aunque ésta última lo hace precipitar de todas sus disoluciones.

3.º La fusibilidad de un silicato *multiplice* pende de la de los *simples*, que están en su composicion ; y parece que es siempre mucho mayor que la fusibilidad media de estos últimos. Esta regla es de la mayor importancia para la metalurjia, porque en ella se apoya el arte de fundir toda clase de criaderos minerales. En efecto, resulta de ella, primero, que cualquier silicato, por mas refractario que sea, se puede fundir con otro que sea fusible;—segundo, que muchos silicatos infusibles ó muy dificiles de fundir, pueden formar en sus combinaciones algun silicato (escoria) muy fusible y correoso. Tenemos, por ejemplo, un criadero de algun metal, compuesto de arcilla pura, refractaria, que es un silicato *simple* de alumina. Si á este silicato se agrega otra base como cal, ú óxido de hierro ó de

manganesa, se formarán en la fundicion silicatos dobles de alumina y de cal, de alumina y de hierro, de alumina y de manganesa, que podran ser fusibles y muy fusibles : y si se agregan dos ó tres bases al mismo tiempo, podrá resultar un silicato (una escoria) muy fusible, con tal que no haya gran exceso de las bases, que por sí solas no pudiendo fundirse, formarian un silicato muy básico refractario.

De esto pende el uso de las ligas ó *fundientes*, que por lo regular son *sílice* (cuarzo, quijo, pedernal) ó cal (caliche), ó bien óxido de hierro (hierrillo, liga de hierro), porque son las sustancias mas abundantes en la naturaleza y por lo mismo mas baratas.

Para hacer mas fácil la aplicacion de estos principios á la práctica, citaremos los resultados de los muchos experimentos de Berthier, hechos con los silicatos de cal, de magnesia, de alumina, de manganesa, de hierro, de cobre, de plomo y de plata.

Cal y magnesia. La cal que sola no forma con la sílice silicato alguno fusible, puede facilitar la fundicion de varios silicatos infusibles ó muy dificiles de fundir, entre otros, los silicatos de magnesia, que son todos muy refractarios.—Así, los silicatos siguientes

	CMS^2	CM^2S^6	CM^3S^9	
Sílice	0,390	0,575	0,704	0,733
Cal	0,355	0,173	0,093	0,109
Magnesia	0,259	0,252	0,203	0,159

son todos fusibles, y producen esmaltes ó piedras opacas, á veces semitrasparentes.—El primer silicato se conoce en la mineralojia con el nombre de *olivina :* el segundo tiene la composicion análoga á la de la *piroxena :* el tercero se encuentra muy á menudo en las rocas de Chile, y se llama anfíbola.

Cal y alumina. Aunque son infusibles los silicatos simples de cal y alumina, hay silicatos dobles que tienen por base estas dos tierras, y se funden completamente en los hornos.—La experiencia ha probado que los mas fusibles son aquellos, cuya composicion varia entre $(CA)S^2$ y $(CA)S_{\frac{1}{2}}$, y que el compuesto es tanto mas fusible cuanto mas se acerca, por la proporcion de sus bases, á la fórmula C^2A. El silicato CA se funde todavia muy facilmente; pero el de CA^2 ya es mucho mas dificil de fundir. Resulta de esto que las arcillas refractarias siendo de la fórmula AS^2, se necesita, para facilitar la fundicion, añadir una cantidad de cal que varia entre C y C^2, ó bien

un equivalente de carbonato de calcio. Se hace todavia mas fácil de fundir la arcilla, añadiendo al mismo tiempo un poco de sílice, lo que no se necesita cuando se encuentra en la arcilla una cantidad notable de arena. La práctica nos enseña que, cualquiera que sea la arcilla, se puede hacerla bastante fusible para las operaciones metalurjicas, añadiendo como la mitad ó tres cuartas partes de su peso de carbonato de cal. Las arcillas que tienen cierta proporcion de hidrato de alumina, necesitan que se añada al mismo tiempo la sílice y la cal.

Las arcillas no dejan de ser fusibles, aun cuando tienen un exceso de cal, si al mismo tiempo no tienen una proporcion muy considerable de alumina. Una buena arcilla plástica (argile plastique) no se funde sino con $2\frac{1}{2}$ veces su peso de carbonato de sosa.

Los silicatos que Mr. Berthier ha experimentado como fusibles, son los siguientes:

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sílice	0,259	0,410	0,582	0,437	0,705.
Cal	0,463	0,368	0,261	0,260	0,105.
Alumina	0,278	0,220	0,157	0,313	0,190.

Los (2) y (3) tienen una composicion analoga á la de las escorias de los hornos altos.

El (4) se encuentra en la naturaleza, y se llama *epidota.*

El (5) es una especie de feldespato.

Silicatos metalicos.

Manganesa. Hay silicatos de manganesa, que se funden muy fácilmente, como son los siguientes:

	Mn S	$Mn S^2$
Sílice	0,338	0,466,
Manganesa	0,662	0,534;

pero los mas fusibles son los que se componen de sílice, manganesa y cal, ó bien de sílice, manganesa y alumina; de modo que el óxido de manganesa puede considerarse como una liga en la fundicion de los silicatos de cal y de alumina.

Hierro. La sílice forma con el protóxido de hierro unos silicatos muy fusibles.—Así, los que se componen de

	$f^2 S$	f S	$f S^2$	$f S^3$
Sílice	0,180	0,310	0,475	0,575,
Protóxido de hierro	0,820	0,690	0,525	0,425,

son todos muy fusibles ; y los mas constituyen las escorias de forja.

Los silicatos de peróxido de hierro no son fusibles.

El hierro facilita la fundicion de todos los silicatos térreos infusibles ó difíciles de fundir.—Así, se funden muy facilmente los silicatos siguientes :

Sílice.	0,337	0,329	0,403	0,376	0,361
Protóxido de hierro.	0,364	0,475	0,175	0,420	. . . .
Peróxido de hierro.	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	0,306
Cal	0,299	0,196	. . . .	. . . .	0,333
Alumina	. . . .	. . . .	. . . .	0,204	. . . .
Magnesia.	. . . .	. . . .	0,422	. . . .	. . . .

Cobre. Mr. Berthier ha experimentado los silicatos siguientes :

	(1)	(2)	(3)
Sílice — —	0,177 —	0,301 —	0,393,
Protóxido de cobre	0,823 —	0,699 —	0,607.

El (1) apénas principia á fundirse al calor de 50° del pirometro.

El (2) se funde muy bien en un vidrio rojo violaceo.

El (3) se funde, y la materia se ablanda por el fuego, sin ponerse bien líquida.

Mezclando 58p. de deutóxido de cobre con 42 de sílice, y fundiendo la mezcla en un horno de ensayes, se obtiene un vidrio rojo ; y por consiguiente el deutóxido se reduce á protóxido por el calor y por la accion de la sílice.

Protóxido de cobre y alumina. El protóxido de cobre facilita mucho la fundicion de los silicatos de alumina, formando silicatos dobles de cobre y de alumina.

Zinc y tierras. Los silicatos simples de zinc no son fusibles, pero se funden muy bien añadiendo otras bases terreas.—Así, varios silicatos de zinc y cal, otros de zinc y de alumina y otros de zinc y de hierro se funden facilmente, produciendo vidrios ó esmaltes muy homojéneos.

Plomo. El óxido de plomo puede formar compuestos fusibles con todos los silicatos, si se añade en proporcion conveniente.

El cristal es un silicato de plomo y de potasa.

Un silicato de cal y de alumina que necesita un calor muy intenso de 150°p. para fundirse, se derrite muy facilmente á la temperatura de 60°, añadiendo ⅔ partes de su peso de litargirio.

Plata. Sucede muchas veces que en las operaciones metalúrjicas el óxido de plata entra en combinacion con la sílice, y queda en las escorias. Este óxido facilita la fundicion de un modo todavia mas activo que el óxido de plomo.

Plata y plomo. Cuando se funde la plata con sílice y sulfato de plomo ó minio, resulta un vidrio que tiene 5 á 6 por ciento de óxido de plata.

La sílice que se emplea en los ensayes, se prepara por medio del cuarzo cristalizado (cristal de roca) muy limpio y sin color, ó bien por medio de una arena cuarzosa. Cuando se hace uso de cuarzo, se lo calienta, y se lo echa todavia enrojecido en el agua para que por este enfriamiento repentino sus partículas se disgreguen mas fácilmente, y se puedan moler en polvo muy fino. Este polvo ó arena se hace hervir con ácido muriático para quitar todas las partículas de hierro ó de cualquiera otra sustancia atacable por los ácidos.

Cal, magnesia, alumina. Ya hemos dicho que se emplean en varias circunstancias la cal, la magnesia, ó la alumina, ó bien dos de estas tierras á un mismo tiempo, para hacer fusible un silicato que no lo es. Muy rara vez se emplea la cal al estado caústico, porque el mismo efecto produce el carbonato de cal que se encuentra casi completamente puro en la naturaleza, sea en el mármol blanco, sea en algunas piedras calizas : este carbonato se compone de

Cal . — 0,5639,
Acido carbónico 0,4361;

y por consiguiente 100 de carbonato de cal producen el mismo efecto que 56 de cal caústica.

Los vidrios son unos silicatos múltiplices y todos muy fusibles : por esto se usan como flujos en los ensayes. Los de botella son ménos fusibles que el vidrio blanco, porque tienen una gran proporcion de alumina y poco álcali.

El borax facilita la fundicion de todos los cuerpos en jeneral, porque tiene la propiedad de producir compuestos muy fusibles, tanto con la sílice como con las bases : es mejor para esto que el ácido bórico, porque es ménos volátil : sin embargo, no es fijo, y se volatiliza en cantidad muy notable á una temperatura elevada. Tiene tambien otro inconveniente, que es el de producir mucha eferves-

cencia, cuando tiene algun poco de agua, ó está atravesado por algunos vapores.

Así, calentando el borax con los silicatos que tienen exceso de sílice, se volatiliza un poco de ácido bórico; y cuando los silicatos tienen exceso de base, se volatiliza una porcion de sosa.

Se hace uso de borax, 1.° para ensayar los minerales de oro ó de plata á la temperatura de 20 á 27° p; 2.° para fundir varios minerales con el intento de separar los súlfuros y los arseniuros metálicos de las tierras y materias pedregosas que constituyen el criadero, á fin de determinar la cantidad de *eje* que se pueda extraer de un mineral; 3.° para ensayar los minerales de hierro, de estaño &c. á la temperatura de 130 á 150° p, con el contacto del carbon.

Se encuentran ahora en el comercio dos especies de borax: 1.° el *borax ordinario* que cristaliza en pirámides, y contiene 47 por ciento de agua; 2.° el *borax nuevo*, que cristaliza en octaedros, y tiene solo 30 por ciento de agua. El primero se conserva muy trasparente en el aire húmedo, y se pone opaco en el aire seco: el segundo, al contrario, se pone opaco en el aire húmedo, y es mas duro que el borax ordinario.

No se debe hacer uso en los ensayes sino de borax vitrificado, es decir, borax sin agua, para evitar la efervescencia. Para preparar el borax, se funde el del comercio en un crisol de platina, se pulveriza despues en un almirez de piedra, y se conserva en una botella tapada.

El borax vitrificado se compone de

Sosa — 31

Acido bórico 69.

La cantidad de borax que se necesita.

El borax puede disolver por la via seca, una cantidad de varias bases tanto mas considerable, cuanto mayor es el calor en que se funde la mezcla. De esto resultan varios boratos dobles, triples &c. que todos son mas ó ménos fusibles segun la fusibilidad de las bases que se añaden, y la proporcion en que se mezclan con el borax.

Así, todas las arcillas plásticas se funden bien con 2 veces su peso de borax al calor albo, y no necesitan mas que una 4.ª ó 5.ª parte de su peso de borax para fundirse á la temperatura de 130° p. —La sílice puede fundirse hasta con la 6.ª parte de su peso de borax vitrificado, á una temperatura elevada, y la cal con una 3.ª parte de su peso del mismo borax.

El fluoruro de calcio ó espato fluor (fluspat) es un flujo muy activo para algunas sustancias, particularmente para el sulfato de calcio; sin embargo, tiene el inconveniente de volatilizar la sílice, cuando está en contacto con esta sustancia; y por esto, se hace imposible verificar la exactitud del ensaye por el peso del residuo de la fundicion. (Véase ensayes de hierro).

Carbonato de potasa y carbonato de sosa. Estas sales no solo tienen la propiedad de oxidar, y de quitar el azufre, sino que tambien facilitan la fundicion de varias sustancias; y á este respecto obran como flujos.— Así, la sílice y varios silicatos verifican la descomposicion de estas sales, con desarrollo de ácido carbónico y formacion de silicatos, que son mas ó ménos fusibles. Se puede facilitar esta descomposicion añadiendo carbon; y en todo caso, cuando se funden con algun silicato metálico estos carbonatos en presencia del carbon, los álcalis que se apoderan de la sílice, facilitan al mismo tiempo la reduccion del óxido metálico.

Los óxidos térreos (cal, magnesia, alumina) no tienen la propiedad de expeler el ácido carbonico de los carbonatos, y no pueden entrar en ninguna combinacion con ellos; solo se esparcen, y se mezclan íntimamente con la materia fundida, disminuyendo mucho su fluidez.

Los mas óxidos metálicos descomponen en parte el carbonato de potasa ó de sosa, haciendo salir una cierta cantidad de ácido carbónico, y formando un compuesto triple de óxido metalico, álcali y ácido carbónico: para que este compuesto sea fusible, se necesita un exceso de álcali. Así, el deutóxido de cobre mezclado con 3 partes de carbonato de potasa, se funde en una escoria muy fluida, opaca, de color lacre al exterior, y de color verde en el interior:

La cantidad de álcali que se necesita.

El hierro espático necesita 3 á 4 veces su peso de carbonatos para fundirse.

El peróxido de manganesa	3	id.	id.	id.
El oxido de estaño —	5	id.	id.	id.
El oxido de zinc —	7 á 8	id.	id.	id.

El litargirio se funde en todas proporciones con los carbonatos.

Es muy particular la accion que se verifica entre los carbonatos alcalinos y aquellos de los carbonatos térreos, que no se descomponen con el calor rojo. A esta temperatura se combinan, y forman

una masa muy liquida : pero si se aumenta el grado de calor, los carbonatos térreos descomponiendose, producen efervescencia, la masa se pone mas y mas espesa, y al fin de la operacion se obtiene un residuo infusible, que es una mezcla de carbonato alcalino y de óxido térreo caústico. Así, el carbonato de cal mezclado con 2 veces su peso de carbonato de sosa, se derritió con el calor rojo en un líquido como agua ; y cuando se aumentó el fuego hasta el calor albo, la masa perdió toda su fluidez. El sulfato de cal y el sulfato de barita se funden cada uno con ménos de la mitad de su peso de carbonato de sosa.

La sílice ó el cuarzo, las arcillas, los silicatos de cal &c necesitan 6 á 8 partes de su peso de carbonatos alcalinos, para adquirir una fluidez completa.

El salitre obra tambien como fundiente al calor albo, por la potasa que contiene.

Sal comun. Se emplea á veces esta sal, sea para impedir el contacto del aire con la materia fundida, sea para templar la efervescencia. Mezclandola con un flujo, puede tambien facilitar la fundicion de algunas sustancias ; pero tiene el inconveniente de ser muy volátil, y de volatilizar algunos metales de un modo notable. Así, calcinando en un crisol de tierra 10 *gr*. de limadura de cobre puro
10 *gr*. de sal comun,
toda la sal se volatiliza : añadiendo despues flujo negro para fundir y reducir todo el cobre, se obtiene solo 99 *gr*, 7 de cobre ; y por consiguiente hay una pérdida de 3 por ciento, que no se puede atribuir sino á la volatilizacion del metal por el cloruro de sodio. La sal comun no se combina ni con las tierras (óxidos térreos), ni con los óxidos metalicos, ni con los súlfuros.

Flujo negro y sus equivalentes. Es el reactivo mas útil, y se emplea muy á menudo en los ensayes por la via seca. Consta de una mezcla de carbonato de potasa y de carbon muy fino : por esto produce la reduccion de los óxidos al mismo tiempo que facilita la fundicion.

Modo de hacer el flujo negro.

El flujo ordinario se hace con 2 p. (á lo ménos) de cremor-tártaro y 1 p. de salitre. Se muelen las dos sales por separado, despues se mezclan íntimamente, y se echa la mezcla en una cazuela de hierro ; se le pega fuego por medio de un carbon encendido, y se deja arder

el todo, sin revolver la materia. Concluida la combustion, se muele el flujo, y se pasa por un tamiz de clin tupido, ántes que se enfrie, y se guarda en un frasco bien tapado, para que no atraiga la humedad.

Las mas veces se necesita un flujo que tenga mas carbon que el anterior; y para esto, se prepara con 3 p. de cremor-tártaro y 1 p. de salitre.

Inconveniente. Estos flujos tienen el inconveniente de producir mucha efervescencia, sobre todo, al principio de la operacion; por esto, no se debe llenar el crisol sino á los dos tercios de su capacidad; y como por otra parte algunos minerales difíciles de fundir, necesitan á lo ménos 3 p. de su peso de estos flujos, se sigue de allí, que en muchos casos se han de emplear crisoles muy grandes.

Para evitar estos inconvenientes, y hacer un flujo mas fundiente, suelen añadir los ensayadores una cierta proporcion de borax; y entonces es preciso ayudar la combustion del flujo, enrojeciendo la cazuela en un hornillo de calcinacion.

Flujo para ensayes de cobre. Un flujo muy cómodo, particularmente para los ensayes de cobre, se hace del modo siguiente.

Se toman 5 partes de cremor-tártaro,
2 id. de salitre,
1 id. de borax.

Se coloca la cazuela en un hornillo de calcinacion, y se la calienta hasta enrojecer el fondo; se hecha despues la mezcla por porciones en la cazuela, y se deja arder sin revolver la masa, continuando siempre en calentar la cazuela. En esta operacion se produce mucha efervescencia, se hincha la masa; y luego que toda se pone negra, se quita la cazuela, é inmediatamente se muele la sal en un almirez de hierro, se cierne, y se coloca en una botella donde se ha de guardar bien tapada.

El carbon que se halla en el flujo negro, está al estado de un polvo impalpable, adhiriendo á las partículas alcalinas; por esto no impide la fundicion, y está siempre esparcido de un modo uniforme en todas las partes de la materia fundida.

El flujo ordinario contiene 5 por ciento de carbon y 4 por ciento de carbonato de cal. El flujo que se prepara con 2 ½ p. de cremor-tártaro bruto y 1 de salitre, contiene 8 por ciento de carbon y 5 por ciento de carbonato de cal: en fin el que se hace con 3 p. de cre-

mor-tártaro y 1 de salitre, tiene 12 por ciento de carbon y 6 por ciento de carbonato de cal.

Mezclas equivalentes. Se puede reemplazar el flujo negro con una mezcla de carbonato de sosa puro y fundido con varios reductivos. el carbonato debe ser bien molido y cernido ; el carbon que se añade, se ha de moler tambien en polvo muy fino, y se emplea muy seco. Se pueden hacer tres clases de flujo :

Carbonato de sosa 94 — 88 — 82

Carbon . . — . . . 6 — 12 — 18 ;

pero ninguno puede adquirir tanta fluidez por el fuego, como el flujo negro.

En lugar de carbon, se puede tambien hacer uso de azúcar ó de almidon.

Cremor-tártaro. Esta sal consta de tartrato ácido de potasa y un poco de tartrato de cal : el cremor-tártaro bruto contiene tambien una cierta cantidad de materia vejetal, que le da un color lacre. El tartrato ácido puro consta de

Potasa — 0,2488,

Acido tártrico 0,7038,

Agua — 0,0474.

Este reactivo obra del mismo modo que el flujo negro, y es capaz de reducir mas óxido que el flujo, porque contiene mas combustible; pero, por la misma razon, tiene el inconveniente de hacer difícil la fundicion del mineral.

El javon puede tambien servir en los ensayes, y obra del mismo modo que el flujo negro. Su composicion es variable, pero se acerca poco mas ó ménos á la siguiente :

Sosa — 6,

Un ácido craso 64,

Agua — 30.

La reduccion proviene de la descomposicion del ácido, que contiene mucho combustible (carbon, hidrójeno), y es capaz de absorber mas oxijeno que cualquier otro flujo : tiene tambien la propiedad de producir escorias muy líquidas ; pero es muy incómodo por la gran efervescencia que produce, y por la dificultad con que se mezcla con las sustancias que se ensayan.

Flujos compuestos. Muchos flujos compuestos no metálicos han si-

do inventados por los ensayadores; pero ninugno, segun la opinion de Berthier, es tan bueno y tan cómodo como el flujo negro. Así, el flujo de Crammer consta de

Cremor-tártaro 60,

Vidrio molido 30,

Carbon — 10.—Este flujo tiene demasiado carbon, y debe ser poco fusible.

Flujo de Pelair:—Vidrio — 50

Sal comun 50.—Este flujo no sirve sino para librar la sustancia fundida del contacto del aire; y para esto es preferible la sal comun pura.

Flujo de Guyton.—Vidrio molido 85

Borax — 10

Carbon 5.—Este flujo puede ser bueno para hacer ensayes con una temperatura elevada: es un vidrio muy fusible; pero no lleva ninguna ventaja al borax puro.

Flujo de Chaptal.—Borax — 60

Cal — 6

Salitre — 34.—El borax puro es preferible á este flujo.

El litargirio y la cerusa. Estos reactivos sirven las mas veces para facilitar la fundicion, y á veces para formar aleaciones de plomo con los metales contenidos en el mineral que se ensaya.

La cerusa (carbonato de plomo) obra del mismo modo que el litargirio, porque abandona todo su ácido carbónico á una temperatura poco elevada.

No se emplea el litargirio sino en los ensayes que no necesitan una temperatura muy elevada: las mas veces el experimento se hace con el calor de 27 á 50 p.

Los óxidos térreos (cal, magnesia, alumina) no se combinan con el litargirio; solo hacen con él unas mezclas espesas y de pcoa fluidez. Por esto, la cal y la alumina necesitan 10 veces su peso de litargirio; y la magnesia necesita todavia mas, para formar una mezcla fusible muy liquida.

Al contrario, todos los silicatos se combinan muy facilmente con el litargirio, y forman compuestos fusibles.

El sulfato de barita y el sulfato de cal necesitan de 7 á 8 partes

de litargirio para formar una escoria muy líquida.

El fosfato de cal necesita de 15 á 20 p. de litargirio.

El óxido de titano se funde con 8 p. de su peso de litargirio.

El protóxido de cobre se funde muy facilmente con el litargirio, produciendo unas escorias que tienden á atravesar los poros del crisol de tierra. Con la misma facilidad se funde el deutóxido de cobre; pero la escoria no atraviesa los crisoles.

El óxido de zinc se funde con 8 p. de litargirio.

El deutóxido de estaño con 12 á 13.

Vidrio de plomo (cristal). Los silicatos de plomo son mejores que el litargirio, para fundir las sustancias que no tienen sílice, y constan de aquellos óxidos térreos que no se combinan con el litargirio, sino por medio de la sílice.

Plomo. El plomo metálico obra tambien como flujo, siempre que se lo mantiene por algun tiempo al estado de fusion con el contacto del aire, porque entonces se convierte en litargirio, y obra del mismo modo que este último.

CAPITULO 4.

LOS COMBUSTIBLES Y MODOS DE ENSAYARLOS.

---

§ 1.° DE LOS COMBUSTIBLES EN JENERAL, Y DEL MODO DE ENSAYARLOS.

Los combustibles se componen esencialmente de carbon, hidrójeno y oxíjeno; muy a menudo contienen tambien azoe. Estos cuatro elementos se hallan en proporciones muy variables, pero siempre de modo que el carbon y el hidrojeno *sobran*, es decir, se hallan en cantidad mas que suficiente para formar con el oxíjeno, acido carbónico y agua. *Composicion.*

Este *sobrante* de carbon y de hidrójeno se combina con el oxíjeno del aire, cuando el combustible se pone a un grado de calor tan elevado que se enciende. Durante esta combinacion que se llama combustion, se desarrolla mas ó menos calórico. La combustion se verifica unas veces con llama, otras veces sin ella. Cuando el com- *Llama.*

bustible no contiene ningun *sobrante* de hidrójeno, ó bien cuando la combustion es tan completa que de ella no resulta ninguna otra cosa mas que ácido carbónico y agua, el combustible arde sin llama; y por lo contrario se produce llama; cuando el combustible es capaz de dar por destilacion gaces ó vapores que pueden arder, ó lo que es lo mismo, absorber oxíjeno del aire. La llama tanto mas relumbra cuanto mas *carbono* contiene; y en jeneral las llamas se consideran como unas mezclas de gaces y vapores, que en el acto de combinarse, encierran todavia en su interior partículas de carbon, las cuales por el mismo desarrollo de calórico que proviene de esta combinacion, se calientan hasta ponerse luminosas.

Carbonizacion. Calentar un combustible sin contacto del aire, se llama *carbonizarlo*; en esta operacion se exhalan todas las sustancias gaseosas y liquidas; y cuando el calor se ha llevado al apuntar calor rojo blanco, y por un tiempo suficiente, no queda otra cosa mas que una masa sólida, negra, que se llama *carbon*, cuando proviene de los combustibles vejetales; y se llama *cok*, cuando resulta de la carbonizacion de un combustible mineral.

Destilacion. Carbonizar en unos vasos cerrados, se llama *destilar*. Las sustancias gaseosas que se desarrollan en la destilacion de los combustibles, son: ácido carbónico, óxido de carbon, hidrójeno puro, hidrójeno proto-carbonado, azoe, amoniaco, é hidrójeno sulfurado. Estos gaces se hallan casi siempre mezclados con unos vapores aceitosos, que no se condensan por la presion atmosférica. Las sustancias líquidas, que provienen de la misma destilacion, son: agua, unas veces amoniacal, otras veces acidulada por el ácido acético, varios aceites (huiles empyreumatiques, pirogénées) muy líquidos, de color amarillo pálido, y en fin, aceites espesos de un amarillo pardo, que se llaman alquitran.

Para adquirir un conocimiento completo de un combustible, en cuanto un metalurjista tiene necesidad de conocerlo para sus operaciones, es preciso determinar en una *analisis inmediata*, la naturaleza y la proporcion de los gaces, de los liquidos y del carbon que se producen en la calcinacion de este combustible sin contacto del aire, y en fin, la cantidad del calórico que emite en su combustion. Esta cantidad de calórico que un combustible emite ó puede emitir en circunstancias determinadas, se llama *poder calorífico*.

El aparato mas sencillo para una análisis inmediata, és una pequena retorta ó un tubo de vidrio como de 5 líneas de diámetro, cerrado por un extremo y encorvado en forma de una retorta. Se adapta á la boca de este tubo un corcho atravesado por un tubito mas angosto y tambien encorvado, de modo que pueda conducir los gaces al recipiente de una cuba de mercurio. Se introduce en el fondo (es decir en la panza) de la retorta un peso determinado *p. ex.* de 100 á 200 granos de combustible reducido á polvo grueso, ó mejor á unos pedacitos pequeños : un polvo demasiado fino adheriría al cuello de la retorta en todo su largo sin pasar al fondo. Despues se une el tubo angosto con la retorta ; y se rodea la panza en un hornillo de evaporacion, con carbon encendido, de modo que se caliente por sí sola, y el cuello esté algo inclinado hácia su extremo abierto, á fin que las sustancias líquidas puedan pasar á esta parte sin recaer en la panza.

Modo de analizar un combustible.

Se principia por calentar lenta y gradualmente ; y al fin se aumenta el fuego hasta ablandar el vidrio. Despues se deja enfriar completamente el aparato ; y cuando ya está á la temperatura del aire, se mide el volumen del gaz en el recipiente ; se corta con una lima la panza ó la parte corva del tubo ancho donde se halla el carbon ; se hace despejar este último, y se pesa inmediatamente. En cuanto á los líquidos, solo se puede recojer una parte de ellos, la que se reune en la parte encorvada del tubito angosto, miéntras que todos los líquidos espesos, principalmente los aceites que se desarrollan á fines de la operacion, adhieren fuertemente al vidrio. Se determina el peso de estos, pesando primero el tubo con los líquidos pegados al vidrio ; despues se quebranta el mismo tubo en pedazos gruesos ; se vuelve á calentar con el calor rojo, hasta que se ponga perfectamente limpio, y otra vez se pesa. La pérdida del peso corresponde al peso de los líquidos que habia adentro.

Sustancias líquidas.

Cuando se quiere solo examinar las sustancias líquidas, que se producen en la destilacion, se hace la operacion como ántes ; pero en lugar de adaptar al cuello de la retorta otro tubo, y hacerlo parar en la cuba de mercurio, se mete la boca de la retorta sucesivamente durante la operacion en unos pequeños matraces ó botellitas livianas de peso bien conocido : cambiando estas botellitas de tiempo en tiempo, y volviendo á pesarlas, se recojen separadamente diversas frac-

ciones de las materias liquidas, que corresponden á diversas épocas de la destilacion. Para tener la proporcion total de los liquidos, se debe agregar á estas fracciones el peso de los líquidos, que adhieren al cuello de la retorta, el cual peso se determina por el método anterior.

Carbon. Cuando la destilacion se hace en unos aparatos de vidrio, siempre se obtiene una proporcion de carbon demasiado grande, porque no podemos aumentar bastante fuego para hacer salir todas las sustancias volatiles, sin que se funda al mismo tiempo el vidrio. Por esto, para conseguir exactamente la proporcion de carbon, lo mejor es poner en un crisol de platina 100 á 200 granos de combustible; y colocado este crisol bien tapado en otro un poco mas grande é igualmente tapado, esponer todo á un calor rojo albo en un hornillo de calcinacion. Para evitar que una parte del carbon cuyo peso queremos determinar, se consuma con el contacto del aire, se ponen tambien encima de la tapa del crisol interior, algunos pedacitos de carbon, á fin de que el aire exterior que entra, siendo absorbido por estos pedacitos y convertido en ácido carbónico, no pueda ejercer alguna accion sobre el combustible que sometemos á la destilacion.

Ceniza. Para determinar la proporcion de la ceniza, se toman 200 granos de combustible en polvo; y se calcinan con el contacto del aire en una pequeña tasita de porcelana ó de platina, teniendo cuidado de revolver el polvo con una espátula á fin de renovar la superficie de todo, y evitando de perder las partículas muy finas de la ceniza, que se van comunmente al aire con mucha facilidad. Se hace esta operacion en la mufla de un hornillo de copelacion, ó en una lampara de alcool; pero se puede tambien verificar en un hornillo de calcinacion ordinario.

Poder calorífico. Se sabe que no todos los combustibles, por igual peso, emiten igual cantidad de calórico, cuando arden; esta cantidad no se puede medir de un modo absoluto; pero se pueden comparar las diversas cantidades de calórico emitidas en la combustion de diversos combustibles, comparando entre sí los efectos que estas cantidades producen. Para comparar estos efectos, unas veces se busca cuanta agua los diversos combustibles pueden evaporar; otras veces, cuanto hielo pueden derretir, y otras veces de que cantidad de agua pueden aumentar la temperatura de un grado del termometro.

Se supone igual el pesó del combustible y verificada la combustion en las mismas circunstancias. Este último término de comparacion es el que se usa actualmente; y se toma siempre por unidad de comparacion, (unidad calorífica) un peso de agua igual al peso del combustible consumido, y calentado hasta tomar 1.° de temperatura mas de la que tenía: esta unidad se llama *caloría* (caloríc).

La determinacion del poder calorífico en *calorías*, se hace directamente por medio del calorímetro de Rumfort, que se compone de una cuba rectangular de cobre delgado, sostenida por 4 pies, y atravesada por un serpentin horizontal. Este serpentin está abierto por un extremo en la parte inferior de la cuba, y por el otro en la parte superior; en la boca de aquel extremo terminada en forma de embudo, se hace arder sobre una rejilla un peso determinado del combustible que se intenta examinar; y en la cuba se vierte un peso determinado de agua por una abertura hecha en la misma pared de la cuba, teniendo cuidado de tapar esta abertura con un corcho atravesado por un termómetro.

El calorímetro de Rumfort, da siempre resultados inexactos por la pérdida de calórico que es inevitable; y de todos los métodos que se han descubierto para determinar el *poder calorífico* del modo mas prolijo y facil, ninguno tal vez se halla mas á propósito para los metalurjistas que tienen interes particular en saber cuanta utilidad se puede sacar de un combustible, que el método de Berthier por medio del litargirio.

Ensaye de un combustible por el litargirio. Está casi probado por los experimentos de muchos sabios, que las diversas cantidades de calórico emitidas por la combustion de los diversos combustibles, se hallan exactamente entre sí en razon directa de las cantidades de oxíjeno que estos combustibles absorben durante la combustion. Por esto, conociendo bien de que elementos se compone un combustible, se puede determinar por el cálculo su poder calorífico. En efecto, basta para esto buscar con cuanto oxíjeno deberia combinarse el combustible (á mas del oxíjeno que tiene él mismo) para que se transformase completamente en ácido carbónico y agua; y comparar despues esta cantidad con la que se absorbe por otro combustible cuyo poder calorífico se ha determinado por experiencia, por ejemplo, por el carbon puro.

Admitiendo este principio, resulta que, sin conocer la composicion de un combustible, se podrá determinar su *poder colorífico*, siempre que se pueda determinar el peso del oxíjeno que este combustible absorbe durante la combustion. Esto se consigue mediante algunos óxidos, que se reducen con tanta facilidad, cuando se los hace calentar con un combustible, que este se halla completamente quemado, sin que alguno de sus elementos pueda escaparse á la accion del oxíjeno, ó desarrollarse al estado de vapor durante la operacion. Conociendo pues la composicion del óxido, se conocerá siempre el peso de oxíjeno absorbido por el combustible, por el peso del metal que resulta de aquella reduccion, con tal que el metal y el óxido sean fusibles, porque de otro modo sería imposible separarlos. Ninguno de estos óxidos reune propiedades mas ventajosas para esta clase de operaciones, que el litargirio, que es muy fusible, muy reductible, y no deja escapar ningun elemento del combustible sin quemarlo, ménos algunas sustancias betuminosas muy volátiles de algunos combustibles minerales.—La operacion se efectua del modo siguiente.

Operacion. Se toma 1 gramo (20 granos) de combustible reducido al polvo mas fino posible ; y se mezcla con una cantidad de litargirio un poco mayor que la que puede reducirse por este gramo de combustible, que será lo ménos 20 gramos, y cuando mas 40 gramos, variando esta proporcion segun la naturaleza y el aspecto del combustible. Se introduce esta mezcla al fondo de un buen crisol de tierra refractaria ; y se ponen por encima 20 á 30 gramos de litargirio puro : el crisol no se debe llenar sino cuando mas, á la mitad de su altura. Se coloca este crisol sobre un apoyo en un hornillo de calcinacion, que se ha de calentar de antemano, y debe estar lleno de carbon bien encendido ; se tapa el crisol con su tapa de tierra ; y se va aumentando el fuego gradualmente. A medida que la operacion avanza, la masa se ablanda, hierve, se hincha, y al fin se funde ; luego que esté fundida, se cubre la tapa del crisol con carbon ; se adapta el tubo de aspiracion ; y se da un golpe de fuego por 10 minutos, á fin que todo el plomo que se ha reducido, pueda reunirse en una sola masa. Se saca el crisol, se enfria al aire, se quiebra ; y se retira la esferilla de plomo que se pesa. Cuando este plomo es poco dúctil, y se divide en hojitas, es prueba que la operacion se ha hecho demasiado pronto, y que el metal se halla todavia penetrado de un poco

de litargirio, que no deja de aumentar sensiblemente su peso. Aunque esto poco influye en los resultados del ensaye, mejor es volver á repetir la misma operacion, manteniendo el crisol en el fuego por un poco mas tiempo que ántes, sin prolongar demasiado esta operacion, por que en este caso se corroeria el crisol, y se agujerearia.

En lugar de dejar enfriarse la masa en el crisol, se puede vaciarla inmediatamente en un molde de hierro; y de este modo, si el crisol es de buena calidad, puede servir para dos y aun tres operaciones. Conviene sin embargo tomar un crisol nuevo para cada ensaye, cuando se quiere obtener resultados exactos; y aun se debe repetir cada operacion á lo ménos dos veces. Se advierte tambien que, para adquirir seguridad, solo se debe contar con los resultados, que no difieren entre sí de mas de 1 á 2 decigramos (2 á 4 granos). *Precauciones.*

El mejor litargirio del comercio es siempre algo rojizo, porque contiene un poco de minio. La proporcion de este último es comunmente muy pequeña: sin embargo, para que no influya en los resultados, se evita de agregar gran exceso de litargirio; ó bien, se funde de antemano el litargirio en un crisol sin adicion de carbon, ó con adicion solo de una milésima parte de su peso; se deja enfriar la masa en un crisol tapado, se la muele despues, se cierne, y se hace uso de este litargirio purificado, como se ha dicho ántes.

Cálculo Se sabe que el *carbono* puro produce con el litargirio puro 34 veces su peso de plomo, y el hidrójeno 103,7 veces su peso; se decir un poco mas que 3 veces tanto como el carbon. Con estos datos se puede determinar el equivalente de un combustible, sea en *carbono*, sea en hidrójeno, es decir, á cuanto *carbono* ó hidrójeno equivale un combustible con respecto á su *poder calorífico*. Cuando un combustible contiene materias volátiles, se sabe la proporcion de ellas por una analisis inmediata. Conociendo pues la proporcion de plomo que proviene del ensaye del mismo combustible, sabremos á cuanto carbon equivalen las sustancias volatiles, y por consiguiente de que valor ó *poder calorífico* son las sustancias que se pierden comunmente en la *carbonizacion* de un combustible. Supongamos que un combustible destilado, como hemos dicho ántes, produce una cantidad C de carbon y otra U de sustancias volatiles; y que á mas de esto, da un peso P de plomo en un ensaye por litargirio. La cantidad C de carbon corresponderia á 34 veces C de plomo; y por consi-

guiente, restando esta cantidad de plomo del peso P de plomo (es decir P−34 C), obtendremos la cantidad de plomo que producen con el litargirio las sustancias volátiles; y como la cantidad de *carbono* que corresponde al plomo, es 34 veces menor que éste, luego $\frac{1}{34}$ (P−34C) será equivalente en carbon, á la parte volátil del combustible.

Ejemplo:—1 gramo (20 granos) de carbon fósil de Concepcion fundido con 40 gramos de litargirio, ha dado 21gr,188 de plomo. —Diremos: si 34 gr. de plomo corresponden á 1 gr. de carbon puro, 21gr,188 de plomo han de corresponder á $\frac{1}{34}$(21gr,188)=0gr,623: es decir que cada 1000 quintales de carbon fósil de Concepcion equivalen á 623 quintales de carbon puro. Pero 10 gramos del mismo carbon fósil sometidos á una analisis inmediata, es decir destilados, calcinados &c. han dado

carbon fijo	gr. 4,106	por 1 gramo,	gr. 0,4106
ceniza	— 0,284	— —	0,0284
materias volátiles, líquidas y gaseosas	5,610	— —	0,5610
	gr. 10,000		1,0000

Todo el plomo que provenia de 1 gr. de combustible, pesó 21gr,118 =P; 0gr,4106 de carbon puro hubieran producido solo

34 veces 0gr,4106, es decir, 13gr,96 de plomo;

por consiguiente, restando esta cantidad de 21gr,188, lo que queda, es decir, 7gr,228 es la cantidad de plomo que se ha reducido por la combustion de las materias volátiles; y como la cantidad de carbon puro que corresponde al peso del plomo, es siempre 34 veces menor que éste, se sigue de allí que las sustancias volatiles de 1 gr. del combustible, equivalen con respecto al efecto calorífico que pueden producir, solo á 0gr,212 de carbon puro, ó bien á 212 quintales de carbon por cada 1000 quintales de combustible.

Estas operaciones tan sencillas y fáciles de verificar, dan á conocer el *valor relativo de diversos combustibles, y pueden indicar* el mejor partido que se pueda sacar de ellos.

Caloria. Ahora, conociendo la proporcion de plomo que un combustible puede producir con el litargirio, resta saber: ¿cómo se deduce de esto *la capacidad calorífica* del mismo combustible en *calorías?* Se sabe por unos experimentos directos hechos con la mayor prolijidad por Despretz, que una libra de carbon puro emite en su combustion tanto calórico, que con él puede hacer subir la temperatura de 7815 libras de agua de 1.º del termometro cent: esto quiere decir que el

cárbon puro emite en su combustion 7815 unidades caloríficas ó calorías. Y como el carbon puro produce con el litargirio 34 veces su peso de plomo, se sigue de esto que cada parte de plomo corresponde á $\frac{7815}{34}$=230 unidades ó calorías. Aplicando esto á nuestro ejemplo, veremos pues que el carbon fósil de Concepcion, produciendo 21 $\frac{2}{10}$ veces su peso de plomo, cuando se funde con el litargirio, su capacidad calorífica ó poder calorífico es 230 veces 21 $\frac{2}{10}$, lo que equivale á 4896 *calorias.*

§ 2.° DE LAS DIVERSAS ESPECIES DE COMBUSTIBLES.

Los combustibles que se usan en la metalurjía, son la leña, el carbon de leña, la turba, diversas especies de carbon fósil (carbon de piedra), que se conocen bajo el nombre de *ullas*, y en fin, el carbon que proviene de la carbonizacion de las ullas, y se llama cok, (palabra inglesa, admitida actualmente en todos los idiomas de Europa).

Todas las especies de leña constan de carbon, de hidrójeno y oxí- *Leña.*
jeno en proporciones exactamente propias para formar agua : á mas de esto tienen ceniza y una cantidad de agua ya formada, que se *Composicion.*
halla como encerrada en los poros de la leña, y se puede casi completamente expeler de ella, exponiendo la leña á una temperatura de 150 á 160 grados cent, sin que por esto la leña principie á carbonizarse. Esta agua se llama *agua higrométrica ;* y no se debe equivocar con la otra, que se llama *agua de combinacion*, y que proviene de la combinacion del hidrójeno y oxíjeno, que son elementos constitutivos de la leña. Esta combinacion no se verifica; sino durante la *carbonizacion*, es decir, durante la destruccion completa de la leña : expelida una vez esta agua, ya no puede volver á entrar en combinacion con el carbon para reconstituir la leña ; mientras que el agua higrométrica sale sin alterar la naturaleza de la leña, y puede otra vez entrar en ella, por la propiedad que tienen todas las especies de leña de absorber la humedad.

Pero, no solo son siempre los mismos los elementos que entran en la composicion de toda clase de leña, sino que tambien estos elementos se hallan en ella siempre en las mismas proporciones, cualquiera que sea la especie de la leña, con tal que esté bien seca y purificada del *extracto*, de las *gomas*, de las *resinas* y de los *principios colorantes.* En efecto, estas sustancias no constituyen la *parte leñosa*

de la madera; y solo se hallan como disueltas en el jugo vejetal: á veces se encuentran en proporcion muy considerable; y se pueden separar de la leña haciendola hervir primero en agua y despues en alcool.

Las leñas ordinarias, (las que tienen poca sustancia colorante,) secadas al aire, lo ménos por un año, se componen de

Carbono	— —	0,3843
Ceniza	— —	0,0100
Agua de combinacion	—	0,3552
Agua higrométrica		0,2500
		1,0000

Resulta de esto que las diversas especies de leña se diferencian entre sí solo por su densidad ó peso específico, y que por cansiguiente, con igual peso, todas pueden producir la misma contidad de calórico: todas tienen el mismo poder calorífico. Se sigue de esto tambien que con igual volúmen, aquella especie que tiene mayor densidad, dará mas calórico en su combustion. Pero se supone que todas se hallan al mismo grado de sequedad, lo que no es facil conseguir en la práctica. Los repetidos experimentos de Berthier hechos sobre diversas especies de leña, tomadas en el mismo estado en que se usan en la industria, hacen ver que el *poder calorífico* de ellas varía entre 2070 *calorías* y 4531. Otros experimentos hechos sobre una misma especie, pero tomada en diversos grados de sequedad, han probado: 1.° que el poder calorífico del residuo de la destilacion de la leña, va aumentando á medida que la destilacion avanza; pero nunca llega á ser igual al poder calorífico del carbon puro: 2.° que secando la leña á la temperatura de 100°, no se exhala otra cosa mas que agua; y la leña no pierde nada de su poder calorífico: 3.° aumentando el calor hasta que la leña principie á descomponerse (carbonizarse), se ve que se pierde una parte de la materia combustible; esta pérdida es tanto mayor cuanto mas se eleva la temperatura, y cuanto mas repentina se hace la carbonizacion; de modo que en caso de una carbonizacion completa, verificada repentinamente, el poder calorífico de aquella porcion de materia combustible que se pierde, llega á ser igual como á $\frac{2}{3}$ del poder calorífico total que habia tenido la leña intacta.

Poder calorífico.

Teniendo presente que el vapor de agua, que se desarrolla en la

combustion de la leña, absorbe (hace latente) una cierta cantidad de calórico, resulta que, para sacar la mayor ventaja de un combustible, seria preciso secarlo completamente, en cuanto sea posible, sin descomponerlo. Es cierto que en ningun caso, esta leña con igual peso daría tanto calor como el carbon puro; pero puede ser que, calcinando de un modo incompleto, por ejemplo, hasta que el residuo retenga 12 á 15 por ciento de partes volatiles, resulte un combustible mas denso que el carbon; y que con igual volúmen dé tanto calor como este último. Con esta condicion debe cumplir el combustible destinado para producir el mayor grado de temperatura posible; y como la leña se contrae gradualmente á medida que la carbonizacion avanza, sobre todo cuando la operacion se efectua lentamente, la suposicion que se acaba de hacer, no sería inverosimil.

Carbon de leña Se calcula que en grande, la leña produce como la 5.ª parte de su peso de carbon. Este carbon no es puro; y aun cuando está recien preparado, retiene todavia una porcion bastante considerable de materias combustibles volatiles, que producen una pequeña llama en los primeros momentos de la combustion. Segun Davy el carbon aun expuesto al calor albo, contiene todavia un poco de hidrójeno. Pero un carbon que queda por algun tiempo con el contacto del aire, atrae la humedad, y condensa en sus poros agua higrométrica: y por esto, la proporcion de carbon puro rara vez llega á 90 por ciento en el carbon ordinario, la de ceniza varía de 1 á 6 y 7 por ciento, y la de las sustancias volatiles alcanza á veces á 20 y mas por ciento.

El carbon ordinario no da comunmente mas que 29 á 30 veces su peso de plomo con el litargirio; y no puede evaporizar mas que 10 á 11 veces su peso de agua, lo que corresponde á 6700 ó 6900 calorías. *Poder calorífico.*

La práctica demuestra, 1.° que con volúmenes iguales, el carbon de leña dura da mas calor que el de leña blanda; pero en el peso los efectos caloríficos presentan poca diferencia; y talvez el carbon de las leñas blandas lleva alguna ventaja; 2.° el carbon recien preparado arde con mayor facilidad; pero despues de estar guardado por algun tiempo en los almacenes, da mas calor; 3.° el carbon que proviene de la destilacion, arde mas rápidamente; pero no es capaz de producir tanta temperatura como el ordinario.—En fin, á pesos iguales, el carbon tiene *poder calorífico* doble de la leña; y aun-

que al volúmen la diferencia es ménos grande, nunca con la leña podemos producir una temperatura tan elevada como con el carbon. Por esto, en las operaciones metalúrjicas que exijen una temperatura elevada, no se usa la leña, sino el carbon; y aun para otras que no necesitan llama, se prefiere este último, aunque carbonizando la leña, se pierde, como hemos dicho, la mitad de la materia combustible de ella.

Turba.—La *turba* (champa) es un combustible esponjoso, lijero, pardo ó negruzco, en el cual se advierten siempre materias vejetales, que no se han alterado; y se forma de la acumulacion de las plantas herbáceas y acuaticas que crecen en los pantanos; pertenece á los depósitos modernos, y aun en ciertas localidades se forma todos los dias: algunas veces cubre terrenos inmensos en las partes mas bajas de los continentes; tambien se encuentra en los valles, en las gargantas y mesetas de las montañas elevadas.

El poder calorífico medio de la turba seca es casi igual al de la leña, y á veces mayor. Se puede carbonizar como la leña, y la pérdida de materia combustible que resulta de la carbonizacion de la turba, equivale á $\frac{2}{3}$ del carbon que queda.

Carbon fósil.—Todas las especies de carbon fósil, constan de los mismos elementos que los que entran en la composicion de los combustibles vejetales, como son el carbono, el hidrójeno, el oxíjeno y á veces azoe. Estos elementos se hallan combinados en muy diversas proporciones; pero no cabe duda en que todas las especies de carbon fósil provienen de la alteracion, por causas que todavia no se conocen, de las plantas y árboles de diversas especies.

Se encuentra el carbon fósil en todos los terrenos desde la formacion mas *moderna* hasta las que se llaman *intermedias*; pero lo que hay de notable en esto, es que, mientras mas moderna es esta formacion, mas se parece el carbon por su composicion, á las materias vejetales de la época actual, no descompuestas. Se dividen comunmente todas las especies de carbon fósil que se usan en la metalurjia, en tres clases: *lignitas*, *ullas* y *antracitas*.

Clasificacion.

Lignita.—Se dió al principio este nombre á toda clase de carbon fósil, que conservaba todavia la forma ó la textura interior de la leña. Despues se ha estendido el mismo nombre á otras especies, que á pesar de que eran compactas, y no tenian nada de lenoso en su con-

textura, sin embargo por haberse encontrado en los terrenos mas modernos, y por la gran proporcion de materias volátiles oxijenadas que contenian, y por otras propiedades que las distinguian de la ulla, se han llamado lignitas.

La que Berthier llama *lignita comun*, es de misma naturaleza que el carbon fósil de Concepcion, que tambien se cria del mismo modo que las mas lignitas de Europa, en los terrenos terciarios. Estas lignitas son negras ó pardas, compactas, de fractura desigual, y muchas veces concóidea y lustrosa. Su peso específico es cerca de 1,2. En la destilacion, producen gaz inflamable (ó de alumbrar) agua algo acidulada, y aceites (alquitran); exhalan casi todas un olor desagradable, particular, que no es él de la ulla. Casi nunca se funden; de modo que el residuo de la destilacion, que es carbon ó cok, queda en pedazos de la misma forma que la que tenía el combustible crudo. En la combustion, arden comunmente con una llama larga, de poco calor, mezclada con humo, que esparce en el aire el mismo olor que él que se siente en la destilacion. Las materias extrañas que se hallan en ellas, y que concurren á producir ceniza, son: las arcillas, las arenas, el carbonato de cal y las piritas. *Propiedades.*

Las siguientes especies sometidas á una analísis inmediata, han dado por composicion: *Composicion.*

	de Alemania. (1)	de Francia. (2)	de Francia. (3)	de Chile. (4)
Carbon —	0,429	0,493	0,484	0,411
Ceniza —	0,046	0,039	0,056	0,028
Materias volátiles	0,523	0,468	0,460	0,561
	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) Lignita comun de Alemania; compacta, de un color pardo negruzco sin lustre, y en algunas partes lustrosa; da 18,4 partes de plomo con el litargirio; y por consiguiente las materias volatiles corresponden á 0,11 de carbon (Berthier).

(2) Proviene la l'Enfant-Dort,—de un terreno calizo moderno; es negra, de fractura lustrosa, contiene algo de piritas; se emplea con mucha ventaja en las fraguas. No cambia de forma por calcinacion da 21 partes de plomo con el litargirio; y por consiguiente las ma-

terias volátiles equivalen á 0,13 de carbon; estas materias constan de una agua ácida, de aceites y de 0,218 de gaces combustibles. Esta lignita puede servir como las verdaderas ullas, para hacer cok para los hornos (Berthier).

(3) Viene de Saint-Lon. Negra, empañada, de fractura compacta sin lustre; en la destilacion da mucha agua un poco ácida, despues aceites muy volátiles, muy líquidos, de un amarillo pálido; pero no produce alquitran. No cambia de forma por calcinacion; pero se pone mas agria y quebradiza. Da 20,3 partes de su peso de plomo con el litargirio. (Berthier)

Carbon de Concepcion. (4) Viene de Talcahuano, de los terrenos terciarios de la costa. Es negra, de estructura compacta, fractura desigual ó concóidea imperfecta; su lustre se inclina mas bien al lustre resinoso que al vítreo. Los pedazos no cambian de forma por calcinacion. En la destilacion esparce un olor desagradable, exhala agua, despues aceites y mucho alquitran—5 gramos (100 granos) de este combustible han producido por destilacion en una pequeña retorta de vidrio:

agua con algunas sustancias aceitosas		0,913
aceite espeso, como alquitran	,,	0,994
gaces ,, ,, ,, ,,	,,	0,626
cok ,, ,, ,, ,,	,,	2,467
		5,000

Se usa con mucha ventaja para calentar las calderas de los buques de vapor de la compañía inglesa; y por la propiedad que tiene de emitir tantas materias volátiles, aceitosas y combustibles, facilita mucho la combustion de las ullas *secas* que vienen de Inglaterra. Por esto conviene mucho emplearla mezclada con cualquier ulla ó antracita que contenga mucho carbon y pocas sustancias volátiles. Segun el informe que debo al Sr. Peackok, comandante del vapor Chile, el consumo de esta ulla por cada 24 horas en la máquina, es de 18 toneladas, mientras que para el mismo efecto se gastan en 24 horas 15 toneladas de buena ulla de New Castle, y solo 12 toneladas de la mejor ulla del país de Gales.

Ullas.—Las ullas propiamente dichas se hallan en los terrenos segundarios; son en jeneral negras y casi siempre lustrosas; su textura las mas veces es hojosa, ó esquitosa, fractura desigual ó concóidea. Son frájiles, blandas, y su peso específico varia de 1,16 á 1,60.

El gaz que encierran en sus poros y rajaduras, es en todas las minas de misma naturaleza : es hidrójeno protocarbonado puro, casi dos veces mas liviano que el aire.——

En la destilacion todas producen : agua muchas veces amoniacal, gaces combustibles, aceites ; y dejan un residuo de carbon fijo, que se llama *cok.* Las mas se funden ó se ablandan en esta operacion ; y estas se llaman *ullas crasas ;* otras que conservan su forma, y no se aglomeran por destilacion, se llaman *ullas secas ;* aquellas dan ménos agua y mucho mas aceite que las últimas.

Poder calorífico.

Siendo muy variable la composicion de las ullas, varía tambien su poder calorífico ; sin embargo las que se consideran como de buena calidad, tienen casi el mismo poder calorífico que el carbon de leña, lo que corresponde á una capacidad calorífica doble de la de la leña seca. Watt en sus cálculos de máquinas de vapor, contaba siempre con un consumo de 1 parte de buena ulla para producir $7\frac{1}{2}$ partes de vapor. Los experimentos hechos en Paris con diversas especies de ulla sobre el agua, que ya estaba con una temperatura de 100°, dieron $8\frac{1}{2}$ á $10\frac{1}{2}$ p. de vapor por 1 p. de ulla.

Clasificacion.

Karsten clasifica las ullas por la calidad del *cok* que producen en la destilacion, y distingue 3 clases combustibles. La 1.ª comprende las ullas cuyo cok se hincha en la destilacion, se funde y se pone poroso, liviano : la 2.ª, las ullas de *cok frito*, es decir, de un cok que se ablanda, se funde, pero sin hincharse : en la 3.ª se colocan las ullas de un cok que se reduce á polvo por la destilacion. Las dos primeras clases se conocen bajo el nombre de *ullas crasas ;* y la última comprende las *ullas secas.*—Un ejemplo de la composicion de diversas ullas ensayadas por Berthier, dará á conocer los principios que constituyen estas diversas clases de ullas :

	ULLAS CRASAS.		ULLAS SECAS	
	Rive de Gier.	New Castle.	Rolduc.	Dombrove.
Carbon (cok) —	0,665	0,760	0,870	0,510
Cenizas... — —	0,020	0,054	0,027	0,040
Materias volatiles —	0,315	0,186	0,103	0,450
	1,000	1,000	1,000	1,000
Plomo con el litargirio	29,6	30,9	31	21,2
Carbon que equivale a las sustancias volátiles	0,21	0,145		0,12

Esta composicion varía de mil modos; y por consiguiente las calidades de la ulla son muy variables. Las mejores son jeneralmente las *ullas crasas*, que no se hinchan mucho; estas se prefieren para el cok, mientras que para otros usos como por ejemplo para el cocimiento de la cal, se prefieren las *ullas secas*, que tienen una gran proporcion de carbon. Las que producen mucho gaz de alumbrar, dan poco carbon; algunas de ellas, como las de San Estevan en Francia, dan como 200 á 300 cuartillos de gaz por cada libra de ulla. En jeneral, para saber á que uso se ha de aplicar una especie de ulla, no es suficiente determinar su poder calorífico, porque dos ullas del mismo poder pueden producir grados de calor muy diferentes: así se debe examinar como se portan, sea en la destilacion, sea en la combustion, cuantas sustancias estrañas contienen, si tienen pirita (que da muy mala calidad al combustible), si son muy sólidas ó frájiles &c.

Cok.—El *cok* preparado en grande, no tiene materias volátiles; el que proviene de la destilacion, las retiene todavia, aunque en muy poca cantidad.

Este combustible arde casi sin llamas; su combustion se verifica con mucha dificultad, y solo mediante una corriente de aire muy activa; las ascuas sacadas del hogar, se apagan luego. Su poder calorífico es casi igual al del carbon de leña; y sin embargo, para producir cierta cantidad de calórico, sobre todo, cuando no se necesita una temparatura muy elevada, se consume mas cok que carbon de leña, en proporcion como de $1\frac{1}{4}$ p. del uno por 1 p. del otro. Con

todo esto, cuando se trata de producir un calor muy intenso, ningun combustible puede producir tanto efecto como el cok. El mayor inconveniente que se experimenta en el uso de este combustible, proviene de la gran proporcion de materias estrañas que contiene, y que se aglomeran durante la combustion en masas escoriaceas que tapan la reja, interceptan el acceso del aire, y en los ensayes metalúrjicos corroen los crisoles

Propiedades.

Antracitas.—Estas especies de carbon fósil se componen esencialmente de carbon, y no exhalan ningun aceite en la destilacion, ó á lo ménos no producen mas que algun indicio de aceite. Son negras, y tienen casi siempre un cierto lustre semimetálico, parecido al del cok. Pueden absorber bastante agua higrométrica, pero la abandonan casi totalmente con el calor de la ebullicion del agua. Se hallan comunmente mezcladas con arcilla, óxido de hierro, piritas &.

Estos combustibles arden todavia mas dificilmente que el cok; y no se encienden sino cuando estan en grandes masas, expuestas á un calor muy intenso. Esta dificultad de arder fué causa que por mucho tiempo no se hizo uso de las antracitas en ninguna operacion metalúrjica, y quedaban sin ninguna utilidad en el seno de la tierra; pero de pocos años á esta parte se ha visto que mezclada la antracita con otro cualquier combustible facil de encenderse, puede producir resultados muy ventajosos; y por esto en la época actual se ha jeneralizado el uso de estas especies del carbon fósil en los Estados-Unidos y en el País de Gales, en donde se consumen en cantidades inmensas en las fábricas y fundiciones.

Poder calorífico.

El poder calorífico de la antracita es igual al del cok; y del mismo modo que este último, ella tambien es capaz de producir una temperatura extremadamente elevada; tiene tambien el mismo inconveniente de obstruir el paso del aire en los hornos; es casi siempre piritosa, y muchas veces decrepita por la primera impresion del fuego, salta en pedacitos; y se pone muy frájil y desmenuzable. He aquí la composicion de algunas especies de antracitas.

	Lamure.	Pensilvania.	Laval.
Carbon — —	0,913 —	0,860 —	0,847
Cenizas — —	0,027 —	0,060 —	0,073
Materias volatiles—	0,060 —	0,080 —	0,080
	1,000	1,000	1,000
Plomo con el litargirio	31,6 —	30,5 —	33,0

Clasificacion por terrenos.

Al concluir este capítulo, tengo que recomendar á los que quieran hacer un estudio particular de los combustibles, las nuevas *investigaciones* acerca de este asunto, del Sr. Regnault, publicadas en los anales de minas de Paris en el año 1837-T.XII. libr. IV. Las muchas analísis mediatas hechas por este Señor, le han conducido á adoptar otra clasificacion de los combustibles, fundada en la naturaleza del terreno en que se crian. Esta clasificacion comprende cuatro divisiones : 1.ª *de la gran formacion carbonífera*, dividida en dos partes, de las cuales la parte inferior contiene las antracitas, y la de la época mas moderna, las ullas : 2.ª *de los terrenos segundarios*, en que se distinguen dos partes : las ullas de la parte inferior, las que se crian en las *margas abigarradas* y en el *terreno jurácico*, se parecen todavia mucho por su composicion y sus propiedades á las ullas de la parte superior de los terrenos anteriores ; mientras que las de la parte superior de esta division, que son las del terreno *cretáceo*, se acercan ya por su calidad y composicion á las lignitas : 3.ª *de los terrenos terciarios :* comprende toda clase de *lignitas* ; en fin, la 4.ª que es la de los combustibles *de formacion contemporánea*, comprende las *turbas*.

Experimentos de Regnault.

Examinando los resultados de las analisis de Regnault, se ve :

que el carbon se reconcentra en las especies de formacion mas antigua, que son antracitas, en las cuales la proporcion de hidrójeno varia de 0,0243 á 0,0418, al paso que la de oxíjeno varia de 0,0212 á 0,0318 ;

que las ullas crasas, las mejores para las operaciones metalúrjicas, como tambien para las fraguas, contienen 5 á 6 por ciento de hidrójeno y casi otro tanto de oxíjeno ;

que las ullas crasas, que arden con una llama larga, tienen todavia casi tanto hidrójeno como las anteriores ; pero la proporcion de oxíjeno va aumentando, y llega en algunas á 11 por ciento ;

que las ullas secas, que arden con una larga llama, contienen hasta 16 por ciento de oxíjeno, y casi la misma cantidad de hidrójeno que las anteriores,—que por consiguiente las ullas crasas, cuando en ellas el hidrójeno y el oxíjeno se reemplazan por el carbon, pasan a las antracitas, y cuando disminuido el carbon, aumenta el oxíjeno, la ulla se acerca por su naturaleza á los combustibles modernos ;

que en las lignitas el carbon disminuye notablemente, y hallandose

reemplazado por el oxijeno, el combustible se acerca mas y mas por su composicion á la leña; y puede contener 18, 24 hasta 36 por ciento de oxíjeno y de azoe, conservando siempre casi la misma proporcion de hidrójeno, que es 0,0559, 0,0458, 0,0520 &c.

En fin que la proporcion de azoe en los combustibles fosiles, no alcanza á medio por ciento en las antracitas: es de 17 á 18 por mil en las ullas y en las lignitas; y llega á 2 por ciento en la turba. He aquí la composicion de las cuatro especies de combustible fósil sacada de las analísis mediatas del Sr. Regnault.

	Antracita de Lamure.	Ulla de Obernkirchen.	Lignita de Ellebogen.	Turba de Abbeville.
Hidrójeno	0,0167	0,0483	0,0746	0,0563
Carbono	0,8977	0,8950	0,7379	0,5703
Oxijeno	0,0363	0,0301	0,1202	0,2967
Azoe	0,0036	0,0166	0,0177	0,0209
Ceniza	0,0457	0,1000	0,0496	0,0558

CAPITULO 5. (*)

Del soplete.

§ 1.° DESCRIPCION DEL SOPLETE.

El soplete de los obreros es comunmente un tubo de laton, que va estrechandose hácia una de sus extremidades, cuyas dos pulgadas últimas se doblan en ángulo recto. Esta extremidad se termina en un tubo casi capilar, y es la que se aplica á la llama; y se sopla por la otra, que es gruesa. En las operaciones de las artes, rara vez se necesita prolongar la insuflacion mas de un minuto, de modo que el agua que arrojan en él los pulmones, no presenta ningun inconveniente. Pero en las experiencias químicas en que es preciso sostener mucho tiempo la insuflacion, se hace en el tubo un acopio de sa- *Soplete de los obreros.*

(*) *Este capítulo es un extracto de la obra de Berzelio, intitulada:* DEL EMPLEO DEL SOPLETE.

liva capaz de interrumpir la operacion.

Para obviar este inconveniente, Cronstedt colocó en medio del soplete mas cerca de su extremidad corva que de la embocadura, una esferilla hueca para recibir la humedad. Pero este soplete tiene un inconveniente: y es que, cuando se ha soplado algun tiempo, y se lo pone un instante vertical la punta hácia abajo, el agua corre de la esferilla al interior del pico, y cuesta mucho limpiarlo para continuar la operacion.

Soplete de Bergman. Bergman corrijió este defecto del modo siguiente: adaptó á la extremidad del soplete una cámara semicircular de una pulgada de diámetro sobre ⅓ de pulgada de largo; é implantó inmediatamente el pico en la parte superior de esta cámara. El soplete de Bergman se compone de tres piezas separadas, que son: el tubo, la cámara destinada á recibir el agua, y el pico. Este sistema llena perfectamente bien su objeto; y tiene ademas la ventaja de ocupar poco espacio, y de poder colocarse en una cajita delgada en la que se encierra el soplete con sus accesorios, para trasportarlo cómodamente de un lugar á otro.

Soplete de Gahn. Gahn ha cambiado la configuracion de la parte del soplete, que está destinada á recibir el agua; y le ha dado la forma de un cilindro de una pulgada de lonjitud, sobre media pulgada de diámetro. Su soplete semejante en lo demas al de Bergman, consiste en cuatro piezas, que son: el *tubo*, el *cilindro*, el pico, y un pequeño *ajuste* que se pone en la extremidad del pico, y se halla atravesado por un agujero mas ó ménos fino, por donde el aire se escapa: es necesario tener muchos de estos ajustes de diverso calibre, para cambiarlos segun la necesidad. La ventaja del soplete de Gahn sobre él de Bergman, consiste en la forma cilíndrica de su receptáculo, que ocupa aun ménos lugar que el anterior, y en la lonjitud del pico, que se introduce en la abertura de este cilindro. Despues de un largo uso, este pico puede muy bien meterse en el receptáculo mas adelante que al principio: pero al ménos adhiere constantemente á las paredes de la abertura destinada á recibirlo, y no está espuesto á caer durante la experiencia, como sucede frecuentemente con el soplete de Bergman. Segun Berzelio, se puede dar, sin hesitar, al soplete de Gahn la preferencia sobre todos los otros.

La lonjitud del soplete, cualquiera que sea su forma, está sujeta á

la vista del operador, y debe satisfacer á la condicion de que cuerpos sobre que se sopla, esten á una distancia tal que se vean clara y distintamente. El soplete con que se vé mejor el ensaye, tiene 8 $\frac{1}{4}$ pulgadas de lonjitud y 7$\frac{3}{4}$ p. desde la embocadura hasta la insercion del pico en el cilindro.

Estos sopletes se hacen de plata ó de hoja de lata : en estos últimos el pico debe ser de laton. Cuando todo el instrumento es de laton, toma á la larga un gusto y olor de cardenillo. Los pequeños ajustes con que debe cubrirse la extremidad del pico, no tardan en llenarse de hollin, y se cierra la abertura; es menester entonces limpiarlos y destaparlos con una pequeña aguja muy delgada. Esta operacion es muy fastidiosa, pero indispensable ; por eso Berzelio ha mandado hacer estas piezas de platina, cada una de un solo pedazo; y cuando están demasiado sucias, las pone sobre el carbon, y las hace enrojecer mediante el soplete; de este modo vuelven á estar buenas en un momento, y las aberturas se destapan por sí solas.

§ 2.º DEL COMBUSTIBLE.

Toda llama es buena para los ensayes al soplete, con tal que no sea muy pequeña : se hace uso para esto de una vela, de una bujía ó de una lámpara. Engestrom y Bergman empleaban las velas y con preferencia las bujías ordinarias, provistas de una buena mecha de algodon; y Bergman aconsejaba encorvar la mecha despues de haberla despavilado, en la direccion de aquel lado, á donde se quiere dirijir la llama. La vela y la bujía tienen sin embargo un inconveniente; á saber, que el calor radiante emanado del cuerpo que se ensaya, hace fundir por un costado el sebo ó la cera, y hace la consumacion demasiado pronta. Por otra parte, una bujia ordinaria no da siempre bastante fuego para un ensaye. Estas circunstancias condujeron á Gahn á reemplazar la bujía ordinaria y única de que ántes se servia, con tres pequeñas bujías provistas de mechas gruesas, que colocaba y hacia encender juntas en un candelero dispuesto á proposito. Estas tres bujias unidas dan un excelente fuego.

Las lámparas llevan, sin contradiccion, mucha ventaja á las candelas y bujías; pero son incómodas para llevar en un viaje por la facilidad con que se derrama el aceite. El que se emplea con preferencia, es el aceite de oliva; se podria reemplazarlo con él de navo

rificado; pero este da mas humo y menos calor que el otro.

Lámpara. La lámpara de Berzelio tiene la ventaja de ser transportable, y está tan herméticamente cerrada, que el aceite no puede escaparse. Se hace de hoja de hierro barnizada, y tiene forma cilíndrica; su largo es de 4 ½ pulgadas; en la extremidad posterior tiene una pulgada de diámetro; y está provista de una orejita destinada á recibir el tallo de laton que le sirve de apoyo. En la extremidad anterior, la lámpara tiene ¾ de pulgada de diametro; y en la superficie superior, hácia esta misma extremidad, hay una abertura circular, cuyo diámetro es tambien de ¾ de pulgada. Esta abertura está guarnecida con un anillo de laton, que está soldado sobre la hoja de hierro de la lámpara, y lleva interiormente una tuerca: por esta abertura se echa el aceite. La mecha se introduce en un pequeño pico oblongo, de hoja de lata, fijado en una plancha redonda del mismo metal, que entra horizontalmente en la citada abertura. Siendo el anillo de laton un poco mas ancho que la abertura de la lámpara, resulta que la plancha redonda, que lleva el pico y la mecha, puede jirar libremente sobre el borde saliente que se halla en la parte inferior del anillo. Cuando no se hace uso de la lámpera, se cubre el pico con una tapa que se enrosca en la tuerca del anillo; y se calafatea la juntura con una piel bien impregnada de cera derretida: mediante esta piel comprimida entre la tapa y el borde superior del anillo, la union es tan perfecta, que se puede guardar la lampara donde se quiera, sin temor de que el aceite salga de adentro.

Para hacer uso de esta lámpara, se coloca sobre un rollo de laton de 12 pulgadas de largo, que se puede dividir en dos piezas de 6 pulgadas cada una, por medio de un tornillo puesto en el medio: otro tornillo situado abajo, engasta y fija el instrumento en una cruz hecha de dos planchas de laton de 6 ½ pulgadas de largo y ½ pulgada de ancho.

Cuando no se necesita la lámpara, se pueden desarmar todas las piezas, y se guardan en un estuche, que ocúpa muy poco lugar.

En los ensayes al soplete, se sustituye algunas veces á la lámpara ordinaria, otra de espiritu de vino; particularmente, cuando se opera en los tubos de vidrio ó en los matrases, para poner en evidencia algunas partes volatiles; en semejante caso, la llama del aceite, estando abandonada á sí misma, tiene el doble inconveniente de en-

negrecer el vidrio, y de producir un calor demasiado débil. Para lámpara de espíritu de vino, Berzelio emplea una especie de frasco muy comun en Inglaterra, cuya tapa está cubierta con otra tapa de vidrio que tiene forma de una campana, y cuyos bordes interiores esmerilados se ajustan bien con los bordes exteriores del cuello del frasco : esta segunda tapa sirve para impedir la evaporacion del alcool, cuando no se hace uso de la lámpara ; mientras que, cuando se la necesita, se quita esta campana, y se intruduce en el cuello del frasco un pico ordinario de hoja de lata ó de plata el cual lleva la mecha.

§ 3.° DE LA INSUFLACION DE LA LLAMA.

Cuando se sopla al soplete, no son los órganos de la respiracion los que han de obrar, porque no podrian sostener un trabajo continuo, y todo esfuerzo de parte de ellos vendria á ser á la larga perjudicial : son los carrillos los que hacen en este caso el oficio de fuelles : la boca se llena de aire, y por la contraccion de los músculos de los carrillos este aire pasa al soplete. Esta operacion, por mas sencilla que sea, presenta al principio una cierta dificultad que proviene del hábito que uno tiene cuando sopla, de hacer trabajar todos los músculos que sirven á la respiracion.

A lo que se debe atender desde luego, es á tener la boca llena de aire durante una larga alternativa de aspiraciones y respiraciones ; entretanto es menester observar que, teniendo entre los labios una pequeña abertura por la que el aire se escapa, los carrillos se aproximarian mas y mas si la entrada de la boca quedase enteramente cerrada al aire de los pulmones. Por esto, para llenar el vacio que se forma, basta dejar entrar al momento de la respiracion, bastante aire para restablecer la tension de los carrillos. Por este medio el aire retenido en la boca se encuentra siempre en el mismo grado de compresion, y sale de un modo uniforme por la pequeña abertura. Tal es el mecanismo de la operacion : agregaremos que la corriente de aire que sale por el pico, es ordinariamente tan ténue que no es necesario llenar la cavidad de los carrillos á cada respiracion.

Despues, cuando ya se sabe producir una corriente de aire continua, queda todavia otro estudio que hacer, estudio que tiene por objeto producir un *buen fuego ;* y esto exije un conocimiento perfecto de la llama y de sus diversas partes. Observando con mucha aten-

cion la llama de una vela, se notan en ella varias partes desiguales y de diverso color, entre las cuales se distinguen cuatro principales. *En primer lugar*, se ve en su base una pequeña llama de un color azul obscuro, que es bastante ancha en su parte inferior, se adelgaza á medida que se aleja de la mecha, y desaparece enteramente en donde la superficie exterior de la llama se eleva verticalmente. *Segundo*, en el interior de la llama hay un espacio obscuro, que se percibe al traves de la cubierta brillante : en este espacio se hallan los gaces que salen de la mecha, y los que no estando todavia en contacto con el aire, no pueden consumirse. *Tercio*, al rededor de este espacio está la parte brillante de la llama, ó la llama propiamente dicha. *Cuarto*, en el exterior de esta se ve, mirando atentamente, la última cubierta poco luminosa, y cuyo mayor espesor corresponde á la punta de la llama brillante. Es en esta parte exterior donde la combustion de los gaces se acaba, y donde se produce el mayor fuego. En efecto, si se introduce en la llama un hilo fino de hierro ó de platina, se reconoce que los puntos de este hilo donde se verifica la ignicion mas viva, se hallan situados en los confines de la llama brillante, en la cubierta exterior.

Composicion de la llama.

Hecha esta distincion de las cuatro partes de la llama, si se dirije ahora con el pico del soplete una corriente de aire al medio de la llama, se ve aparecer delante de la abertura del pico, una llama azul, larga y estrecha, la misma que la que estaba en la parte inferior de la llama, pero su posicion relativa ha cambiado : en lugar de rodear la llama, se halla concentrada en su interior en donde forma un pequeño cilindro. Hácia la extremidad anterior de esta llama azul, se halla el lugar de la mas alta temperatura, del mismo modo que en la llama de una vela abandonada á sí misma, sin activarla con el soplete : con la diferencia que, mientras que en esta, este lugar forma una zona ó circunferencia de círculo, en aquella se reduce á un punto mucho mas caliente, capaz de fundir ó de volatilizar las sustancias sobre las cuales la llama de una vela abandonada á sí misma, no ejerce ninguna accion. Este aumento tan crecido de temperatura proviene de que el soplete arroja sobre un pequeño espacio situado en medio de la llama, una masa condensada del mismo aire que ántes estaba esparcido en toda la superficie de esta llama. Por otra parte, la porcion restante de la llama brillante de que se halla

El punto de la mas alta temperatura.

aquí rodeada la llama azul, impide que se desperdicie el calor producido.

Una larga práctica se necesita para producir el maximum de calor; y esta dificultad proviene en parte, de que los diversos cuerpos producen diversos modos de ignicion, y que es muy fácil ser engañado por la luz que emiten. Para producir este máximum, es menester no soplar ni muy fuerte, ni muy suave: en el primer caso, el calor se vá con la corriente del aire tan pronto como se produce; y á mas de esto, una parte de este aire se escapa sin contribuir á la combustion, enfriando la llama; en el segundo caso, no llega bastante aire en un tiempo dado. Una temperatura muy alta es necesaria, sea para experimentar la fusibilidad de los cuerpos, sea para reducir algunos óxidos, que ceden con dificultad su oxíjeno, como por ejemplo, los óxidos de hierro y de estaño. Pero las operaciones pirognosticas no se limitan solo á obtener la mas alta temperatura posible, sino que tambien tienden á producir otros fenómenos, que necesitan un calor ménos intenso. Estos fenómenos son la *oxidacion* y la *reduccion*.

Llama de oxidacion.

La oxidacion se verifica calentando la materia del ensaye en el punto extremo de la llama, en que todas las partículas del combustible se hallan saturadas de oxíjeno: mientras mas se aleja la materia de este punto, mejor se opera la oxidacion, con tal que se pueda sostener la temperatura en un grado suficiente: un calor demasiado intenso produce á veces un fenómeno inverso, sobre todo, cuando la materia del ensaye reposa sobre carbon. La oxidacion se opera con mayor actividad al apuntar el calor rojo; y para esto se necesita un pico de abertura mas ancha que en los otros casos.

Llama de reduccion.

Para operar la *reduccion*, se hace uso de un pico fino, que no se debe introducir demasiado adentro de la llama: de este modo se consigue una llama mucho mas brillante; porque la combustion se verifica de un modo imperfecto, y las partículas no consumidas del gaz quitan el oxíjeno á la materia ensayada, que se puede entonces considerar como si fuese calentada en medio de una especie de gaz inflamable. Si en esta operacion, aquella materia se cubre de hollin, eso prueba que el fuego humea demasiado, y esto debilita considerablemente el efecto de la insuflacion: se consideraba en otros tiempos la llama azul como la mas propia para la reduccion de los óxi-

dos, pero está opinion es errada: es verdaderamente la parte brillante de la llama la que produce la desoxidacion; y se la dirije sobre la pieza del ensaye de manera que la rodee igualmente por todas partes, y la ponga al abrigo del contacto del aire.

En jeneral, la reduccion exije mucha práctica y un cierto conocimiento de los diversos modos de conflagracion. Es bueno, para ejercitarse en esto, fundir un grano de estaño, y llevarlo al color rojo blanco sobre el carbon, de tal suerte que su superficie conserve siempre el lustre metálico. El estaño tiene tanta disposicion á oxidarse, que tan pronto como la llama principie á convertirse en fuego de oxidacion, se forma oxido de estaño, que cubre la superficie del grano. Se principia por operar sobre un pequeño grano, y se pasa en seguida á granos mas y mas gruesos.

Nota. Para verificar la reduccion de los óxidos al soplete, Platner (cuya obra *sobre el arte de ensayar* al soplete, es de igual mérito que la deBerzelio), aconseja tomar las precauciones siguientes:

Precauciones para la reduccion.

1.° Es necesario mantener el pico del soplete á una distancia de la mecha, un poco mayor que la que conviene para la oxidacion, dirijiendo siempre el aire sobre la mitad de la altura de la llama.

2.° Cuando se opera con flujos sobre un hilo de platina, toda la esferilla del ensaye, (que para esto debe ser mas pequeña que para la oxidacion) debe estar enteramente sumerjida en la parte mas brillante de la llama; mientras que, cuando se hace la misma operacion sobre un carbon, el mismo efecto se logra con la parte azul de la llama, con tal que el ensaye quede completamente cubierto con esta llama que lo separa del contacto del aire, porque entonces el carbon es el que sirve de reductivo. Con esta llama, por ejemplo, se pueden reducir los óxidos de plomo y de estaño y varios otros, pero no todos.

3.° Se debe dar á la mecha cierta altura conveniente, para que no salga demasiado, ni esté demasiado hundida en el pico de la lámpara, porque en el primer caso, la llama humeando, deposita hollin en el ensaye, y en el segundo no se puede producir bastante fuego, para que con él quede rodeada y suficientemente caldeada la materia.

4.° La mecha debe estar siempre bien pareja, plana, bien cortada, sin aquellos hilos medio carbonizados, que suelen apartarse de ella, y cubrir la sustancia del ensaye con hollin. Esta precaucion es muy

importante, tanto para la oxidacion como para la reduccion de los cuerpos.

5.º Luego que se empieza á dirijir sobre el ensaye una *llama reducienre*, se ha de continuar la insuflacion sin interrumpirla por un momento, hasta que se consiga el objeto.

§ 4.º DEL APOYO Y DE ALGUNOS INSTRUMENTOS ACCESORIOS.

El apoyo. Las sustancias que se quieren someter al ensaye del soplete, deben necesariamente reposar sobre un cuerpo sólido, ó estar fijadas de un modo cualquiera. El mas á propósito para este objeto, es *el carbon de madera bien quemado* : el que se hace con la madera de pino tomado en toda su fuerza y madurez, y en jeneral con las maderas de un tejido flojo, debe ser preferido. El que se hace de una madera dura y compacta, dá tanta ceniza, y esta ceniza es algunas veces tan ferrujinosa, que no se debe hacer uso de él sino por falta de otro. De las diversas especies de carbon, de que Berzelio ha tenido ocasion de hacer prueba en los paises donde no se encuentra el pino, le ha parecido que el carbon hecho con el *sauce blanco*, y en jeneral con todas las especies del jénero *sauce*, es el mejor. *Carbon.*

A fin de fijar los fundientes sobre un punto de la superficie del carbon, se escoje uno de los dos planos perpendiculares al tejido de la madera : de otro modo, colocada la materia sobre una seccion paralela á este tejido, se estenderia y se esparceria sobre la superficie. Si esta parte de la madera que se halla entre las capas del tejido leñoso, se consume mas pronto que la parte leñosa, sacaremos esta ventaja que el ensaye no tiene mas que dos ó tres puntos de contacto con el carbon.

Es casi inútil observar que el carbon debe ser bien quemado; aquel que chisporrotea, humea ó arde con llama, no puede servir para los ensayes.

En el caso en que el efecto reductivo del carbon pueda impedir la reaccion que se quiere obtener, se toma para apoyo una *cucharita* ó una *lámina delgada* de platina. La cucharita de platina ha venido á ser un instrumento del todo superfluo en los ensayes al soplete, desde que se ha visto que las sustancias minerales pueden expe- *Platina.*

rimentarse por la sosa, sobre un apoyo de carbon, mucho mejor que en ningun otro. Por otra parte, el tamaño de la cucharita es un obstáculo para obtener las altas temperaturas, que se necesitan con frecuencia.

Wollaston ha substituido á las cucharitas una pequeña lamina de platina muy delgada, la que se corta en una tira de 2 pulgadas de largo y $\frac{1}{2}$ pulgada de ancho. Cuando se quiere calentar y oxidar al mismo tiempo, se dirije la llama del soplete sobre la superficie inferior de la lamina. No se deben ensayar sobre la platina las sustancias que tienen arsénico, antimonio, ó que se reducen al soplete, porque la platina se combina con ellas, se funde y se agujerea.

Hilo ó alambre de platina.

Gahn imajinó otro modo de emplear la platina, como apoyo en los ensayes al soplete ; y este modo es mucho mas cómodo que los anteriores. Se toma un alambre de platina de 2 pulgadas y $\frac{1}{2}$ de largo, que se encorva en una de sus extremidades en forma de un gancho : es este gancho el que sirve de apoyo á la materia del ensaye. Para esto, se humedece el gancho con la lengua, y se lo introduce en el flujo que se quiere emplear, reducido á polvo ; despues se funde este flujo en la lámpara, de manera que se convierta en una gota que se fija y se detiene en la curvatura del hilo. Se introduce despues esta gota en el polvo de la sustancia que se quiere ensayar, despues de haberla humedecido, á fin de que adhiera al flujo ; y todo se calienta otra vez. Se consigue de este modo una masa aislada, que se puede examinar cómodamente.

En jeneral, todas las oxidaciones se deben hacer en el alambre de platina, como tambien las reducciones, cuando solo se intenta examinar el cambio de colores. Este es el lugar de observar que la platina no se corroe de ningun modo por la sal de fosforo.

Cuando se ha avanzado la reduccion hasta el grado que se cree conveniente, y cuando al mismo tiempo se quiere, por un enfriamiento repentino, impedir que el ensaye se vuelva á oxidar de nuevo, se puede con un lijero golpe del dedo, aplicado sobre el hilo de platina, hacer saltar la esferilla fundida sobre un cuerpo frio, tal como una tasa de porcelana ó un yunque.

El uso del hilo de platina es sobre todo muy cómodo en los viajes, porque no es siempre fácil conseguir buen carbon ; y este se guarda solo para reducir un óxido al estado metálico, y para tostar (calcinar)

un súlfuro ó un arseniuro metálico.

Tubos de vidrio. Cuando se quiere calcinar una sustancia con el contacto del aire, á fin de reconocer los elementos que entran en su composicion, se hace uso de unos tubos de vidrio, de dos pulgadas de largo sobre una línea de diámetro y abiertos por sus dos extremos. Se introduce la materia, y se coloca á poca distancia de una de sus extremidades; y despues se inclina el tubo de manera que esta extremidad sea la mas baja. Segun se quiera aplicar un calor mas ó ménos intenso, se hará uso de la lámpara del espíritu de vino, de la lámpara ordinaria, ó del soplete: y segun se quiera activar al rededor de la materia una corriente de aire mas ó ménos rápida, se ha de inclinar mas ó ménos el tubo. Entonces las partes de la materia, que sin ser gaces permanentes, son volátiles, forman un sublimado en la parte superior del tubo, y allí se reconocen.

Matraces. Estos son unos tubos de vidrio del mismo diámetro que los anteriores, pero cerrados por una de sus extremidades. Cuando se quiere reconocer la presencia del agua ó de cualquiera otra sustancia volátil no combustible, contenida en un mineral; ó bien cuando la materia que se ensaya, está dispuesta á chisporrotear con el fuego, el ensaye se hace en un matraz, cuya panza es bastante ancha á fin de que haya lugar para la circulacion del aire y el desarrollo de los cuerpos volátiles. En el caso contrario, es decir, cuando se trata de separar por la via de sublimacion, las sustancias combustibles como el azufre, el arsénico, no se debe emplear un matraz de panza ancha, á fin de evitar la combustion de estas mismas sustancias que se volatilizan.

§ 5.° DE LOS REACTIVOS Y DE SU USO.

Cronstedt no empleaba comunmente mas que tres reactivos: el subcarbonato de sosa, el borato de sosa y el fosfato doble de sosa y de amoniaco: sales que se designan para mayor brevedad por sus nombres tecnicos y respectivos de *sosa*, *borax* y *sal de fósforo*: estos reactivos son los que se usan todavia hasta el dia de hoy con preferencia á otros.

Sosa. Se pueden conseguir dos objetos principales, empleando la sosa: 1.° reconocer si los cuerpos combinados con este reactivo son fusibles ó no; 2.° facilitar la reduccion de los óxidos metálicos.

Bajo estos dos respectos la sosa es uno de los reactivos mas indispensables.

Fusion de los cuerpos por la sosa. Son muchos los cuerpos que tienen la propiedad de combinarse con la sosa á una alta temperatura; pero la mayor parte de estos compuestos son infusibles. Solo la sílice, los ácidos metálicos y un corto número de óxidos forman con la sosa sustancias fusibles; y aun estas se absorben en gran parte por el carbon durante la insuflacion.

Operacion. Hay muchas cosas que observar con respecto al empleo de la sosa en los ensayes Se toma primero con la punta de un pequeño cuchillo previamente humedecido, la cantidad necesaria de este reactivo, y se lo pone en seguida en el hueco de la mano izquierda, y en caso de necesidad, se lo humedece un poco mas, de manera que forme una masa coherente. Si la sustancia que se quiere ensayar, es pulverulenta, es menester amasarla en la mano juntamente con la sosa; pero si esta sustancia se halla en hojitas ó granos, se aplica á su superficie la sosa en polvo, y se calienta sobre el carbon, primero hasta sequedad, y despues hasta que se derrita. Si la materia del ensaye es infusible con la sosa, pero susceptible de descomponerse por ella, se hincha poco á poco, y cambia de aspecto sin fundirse. Si en estos ensayes no se emplea bastante sosa, sucede que la materia queda al estado sólido, y lo restante forma al rededor del ensaye una cubierta de vidrio trasparente : si se agrega demasiada, la esferilla de vidrio que se forma, enfriandose queda opaca. En jeneral, el mejor método que se puede observar, consiste en emplear la sosa por pequeñas cantidades, que se agregan sucesivamente á la masa, y en observar las variaciones producidas por las diversas proporciones de este reactivo. Sucede á veces que el vidrio se vuelve colorado en el momento en que empieza á enfriarse; y despues queda con un color amarillo ó amarillo rojizo, á veces opaco ó amarillo parduzco. Estos fenómenos aparecen cuando la pieza del ensaye ó la sosa contienen ácido sulfúrico ó solo azufre; y el color resulta del súlfuro alcalino que se produce por la accion del carbon. Por esto, no se debe emplear sosa que tenga algun indicio de ácido sulfúrico.

Reduccion de los óxidos metálicos. Esta clase de ensayes, por la cual se descubren muchas veces cantidades de metal reductible tan

pequeñas, que se escapan á las mejores analisis hechas por la via húmeda, es, á juicio de Berzelio, el descubrimiento mas importante de todos los que Gahn ha hecho en el arte del soplete.

Si se coloca sobre un carbon un poco de óxido de estaño, un ensayador diestro sabrá sacar con algun esfuerzo, mediante el soplete, un granito de metal; pero si se le agrega sosa, esta reduccion se opera sin dificultad y completamente. Es por consiguiente positivo que por la sosa se hace mas fácil la reduccion : pero, ¿de qué manera? esto es lo que no se sabe de un modo preciso. Si en el óxido metálico se halla un cuerpo estraño no reductible, la reduccion del primero se hace muchas veces mas dificil; mas, si se le agrega un poco de borax, este reactivo concurre con la sosa, á la disolucion del cuerpo estraño, no reductible; y la reduccion se opera por sí sola. Este ensaye se hace del modo siguiente.

Operacion. Habiendo pulverizado la materia que se quiere ensayar, se la amasa en el hueco de la mano izquierda, con la sosa humedecida; despues se la pone sobre el carbon, y se le da un buen fuego de reduccion; se le agrega en seguida otro poco del mismo reactivo, y se vuelve á soplar como ántes. Mientras queda alguna parte de la materia del ensaye en la superficie del carbon, se agrega por pequeñas dósis la sosa, y se continua la insuflacion hasta que el carbon haya absorbido la totalidad de la masa. Las primeras dósis sirven para recojer las partículas metálicas esparcidas en la materia del ensaye ; y por la absorcion final de esta última, se completa la reduccion del óxido. Hecho esto, se apaga el carbon con dos gotas de agua ; y despues de haber sacado mediante un cuchillo, toda la masa que se habia introducido en el carbon, se la muele en un pequeño morterito de ágata á fin de reducirla á un polvo extremadamente fino. Se lava en seguida este polvo con agua para purificarlo del carbon, y se repiten estas operaciones del lavado y de la molienda, hasta que se vaya todo el carbon con la corriente del agua. Si la materia del ensaye no contiene ninguna sustancia metálica, no quedará nada en el mortero, despues del último lavado; mas, por poco que haya en ella de metal reductible, se lo encuentra en el fondo del mortero, bajo la forma de unas hojitas brillantes, cuando el metal es maleable, y en polvo, si es quebradizo é infusible. Segun Berzelio se puede de este modo descubrir, mediante el soplete, en un grano de ensaye de tamaño

ordinario, hasta un ½ por ciento de estaño, y hasta la mas pequeña porcion de cobre.

Precauciones. Se debe atender en los ensayes de esta clase : 1.º á que se consiga un calor tan fuerte como sea posible, dirijiendo siempre la llama reduciente de manera que cubra lo mas completamente que se pueda, la superficie del ensaye ; 2.º á que no quede nada en el carbon, ni se pierda nada de la materia del ensaye, cuando se recoja, porque si el metal está esparcido en granitos, se ignora donde se halla ; 3.º á que se muela por mucho tiempo la masa mezclada de carbon ; 4.º á que se decanten despacio las aguas, de suerte que no se arrastre con el agua otra cosa mas que lo mas ténue y lo mas liviano ; 5.º en fin, no se debe juzgar del resultado sino cuando ya todo el carbon se ha ido ; y tambien se ha de examinar el residuo por medio del microscopio con la mayor atencion posible.

Metales que se reducen, y se volatilizan. Los metales que pueden reducirse por este método, son (á mas de los metales nobles) el molibdeno, el tunsteno, el antimonio, el teluro, el bismuto, el estaño, el plomo, el cobre, el niquel, el cobalto, el hierro. De estos metales, el antimonio, el bismuto y el teluro se volatilizan facilmente, cuando para reducirlos, se procura hacer mucho fuego. El selenio, el arsénico, el cadmio, el zinc y el mercurio se volatilizan tan completamente, que no se pueden recojer, sino mediante un pequeño aparato sublimatorio.

Un buen modo de ejercitarse en esta clase de experimentos, es tomar una sustancia cobriza, sobre la cual se hacen muchos ensayes de reduccion ; teniendo cuidado de mezclarla en cada operacion con una cantidad mas y mas grande de alguna sustancia no cobriza; y cuando llegamos á una ley tan baja, que no se pueda de una vez verificar la reduccion del cobre, se repite el ensaye hasta que se ponga este metal en evidencia.

Borax. Se emplea este reactivo en polvo ó en pequeños granos : el que ha sido fundido préviamente, es mas cómodo, porque no se hincha tanto como el borax ordinario.

Con que objeto se emplea el borax. Se emplea el borax para operar la disolucion ó la fusion de un gran número de sustancias. Es bueno tomar para esta clase de operaciones, la materia que se ensaya, en granitos, á fin de distinguir la parte que se ataca inmediatamente por este reactivo, de ciertas sustancias indisolubles, que pueden hallarse mezcladas : porque esta

distincion suele tener mucha importancia en los ensayes. En esta operacion se examina : 1.° si la fusion se opera pronto ó lentamente, con efervescencia ó sin movimiento aparente ; 2.° si el vidrio que resulta de esta fusion, tiene color, y si este color cambia pasando de la llama oxidante á la de la reduccion ; 3.° en fin, si el color aumenta ó disminuye de intensidad por el enfriamiento, y si en las mismas circunstancias el vidrio conserva ó pierde su transparencia.

Algunos cuerpos tienen la propiedad de formar con el borax un vidrio claro, que conserva su transparencia despues del enfriamiento, pero que calentándose lentamente á la llama exterior de la lámpara, se vuelve opaco, y toma un color blanco de leche ó cualquiera otro color : sobre todo, cuando esta llama ha sido dirijida de un modo desigual é intermitente. Tales son las tierras alcalinas (barita, estronciana, cal), la itria, la glucina, la circona, los óxidos de cerio, de tántalo, de titano ; y no sucede lo mismo con la sílice, la alumina, los óxidos de hierro, de manganesa &c. En todo caso, para que se produzca este fenómeno, es menester que el vidrio esté hasta cierto punto saturado de óxido, y que no haya sílice en las sustancias ensayadas. Para indicar con brevedad este fenómeno, se dice que las sustancias que lo producen, *dan un vidrio que se vuelve opaco al arder :* (opaque au flamber).

Sal de fósforo. Se obtiene esta sal disolviendo 16 partes de sal amoniaca en una muy pequeña cantidad de agua caliente, agregando á esto 100 partes de fosfato de sosa cristalizado, y haciendo fundir todo en el fuego : se echa despues agua hirviendo, se filtra, y se hace cristalizar la sal por enfriamiento.

Preparacion.

Se emplea esta sal en granos gruesos, ó en polvo : los cristales que se forman por sí solos, son de tamaño conveniente para el ensaye. Puesta esta sal sobre el carbon, y sometida á la accion del soplete, hierve, se hincha, despide vapor de amoniaco ; y lo que queda, es fosfato ácido de sosa, que se derrite, y forma un vidrio transparente sin color. Como reactivo, esta sal obra principalmente por medio de su ácido fosfórico ; y si no se emplea este último puro, es por ser delicuescente, mas caro, y difícil de introducir en el carbon.

Objeto con que se emplea la sal de fósforo.

La sal de fósforo da por consiguiente á conocer la accion de los ácidos sobre los óxidos que se quiere ensayar : el exceso de ácido que contiene, se apodera de todas las bases, y forma con ellas sales do-

bles mas ó ménos fusibles, de las que se examinan la transparencia y el color. Por esto, se aplica con preferencia al reconocimiento de los óxidos metálicos, de los que hace resaltar los colores caracteristicos mucho mejor que el borax.

Este mismo flujo ejerce sobre los ácidos una accion repulsiva. Los que son volátiles, se subliman, los fijos quedan en la masa, y se apoderan en parte de la base, que se halla combinada con el ácido fosfórico, ó la ceden á este, quedando ellos en suspension en el vidrio sin poder disolverse. Bajo este respecto, la sal de fósforo es un buen reactivo para los silicatos, porque para ella la silice puesta en libertad, aparece en medio de la sal derretida bajo la forma de una masa jelatinosa.

Salitre. El uso de este reactivo se limita solo á completar la oxidacion de aquellas sustancias, de las cuales una parte ha resistido á la accion de la llama exterior. Esto se hace sumerjiendo la punta de un cristal de salitre en la materia, que todavia está líquida ; pero, á fin de impedir el enfriamiento de la esferilla, se toma de antemano el cristalito delgado de salitre con unas pinzas que se colocan entre el tercero y el cuarto dedo de la mano derecha, lo que no impide tener el soplete con la misma mano, como es costumbre.

Yeso y espato fluor. Estas dos materias bien secas sirven de indicio una para otra, y no tienen otro uso ; pero, bajo este respecto, son de mucha utilidad para un químico mineralogista. Si se pone un pedacito de yeso en contacto con otro mas pequeño de espato fluor, y se los hace calentar en este estado, se funden inmediatamente en los puntos de contacto, despues se combinan, y se transforman por la fusion, en una perla de vidrio sin color y transparente, que toma el aspecto de un esmalte blanco por el enfriamiento. Por esto, se emplea el espato fluor como reactivo, en lugar de yeso y vice versa. El yeso no es el único flujo del espato fluor, sino que tambien el sulfato de barita y el espato fluor por una parte, y por otra el fluoruro de bario y el yeso se funden muy bien ; pero la perla fundida nunca llega á ser tan limpia y transparente como en el caso anterior.

Disolucion de nitrato de cobalto. Se emplea este reactivo para reconocer la presencia de la alumina ó de la magnesia, que dan con el óxido de cobalto, despues de una fuerte ignicion, la pri-

mera un color lindo azul, la segunda, un color de rosa pálido: La sílice no impide la manifestacion de estos caracteres; pero la presencia de algun otro óxido metálico en la materia, que se ensaya, destruye enteramente la accion del cobalto. Hay dos modos de emplear este reactivo en disolucion para los ensayes del soplete: si la sustancia que se ensaya, puede absorber cierta cantidad de la disolucion de cobalto, se la emplea en pedazos; y aplicando en la superficie una gota de esta disolucion, se la calienta mucho, sin elevar la temperatura al grado que seria necesario para la fusion del ensaye; si la sustancia es mas dura, por ejemplo, como son algunas piedras cristalizadas, se la muele con agua en un morterito, se hace de ella una papilla y se pone una gota de esta papilla en un carbon; se le agrega en seguida una gota de la disolucion de cobalto, y se le da fuego hasta enrogecerlo.

Estaño. Se emplean de preferencia las hojas de este metal cortadas en largas tiras de media pulgada de ancho; y el objeto que uno se propone al emplearlo, es producir el grado mas alto de reduccion en las fundiciones vitreas, particularmente, cuando la sustancia, que se ensaya, contiene óxidos metálicos, que puedan pasar al menor grado de oxidacion, y que pasando á este estado, puedan dar un resultado mas decisivo. Para esto, se introduce en la esferilla del ensaye que está todavia caliente, y que se habia tratado préviamente por un fuego de reduccion la extremidad de la lámina de estaño, que se derrite al momento, y deja adentro de la esferilla, una pequeña partícula del metal; luego despues se vuelve á fundir la materia en el mismo fuego de reduccion, y se examina el resultado.

Cenizas de huesos. Se las emplea con el plomo para la copelacion de los metales ó minerales que contienen oro y plata. Gahn tenia para esto pequeñas copelas de un cuarto de pulgada de diametro. Berzelio separa la parte mas tenue de estas cenizas por medio del lavado, y la guarda en forma de polvo. Despues, cuando llega el caso de hacer un ensaye, amasa este polvo con la mano izquierda, con un poco de sosa, y coloca una pequena porcion de esta papilla en un hueco hecho en el carbon, teniendo cuidado de allanar bien la superficie exterior de este polvo con un majadero de agata. Se calienta despues lentamente al soplete esta especie de copela, y se introduce en ella la materia que se ensaya, previamente fundida con plomo. Plattner

comprime las cenizas bien lavadas en un molde de hierro sin agregar sosa; y este molde le sirve de apoyo durante la copelacion.

El óxido de cobre sirve para indicar la presencia del cloro en una substancia, por el color azul que toma la llama, cuando se hace calentar al soplete esta sustancia con aquel óxido.

§ 6.º REGLAS JENERALES PARA LOS ENSAYES AL SOPLETE.

Antes de someter la materia que se quiere ensayar, á la accion de los flujos, se deben examinar los fenómenos que ella por sí sola puede presentar al soplete. Este exámen se hace del modo siguiente.

(a) Se hace calentar la materia en un pequeño matraz sobre la lámpara de alcool, para ver si decrepita, y despide agua ó cualquiera otra sustancia volátil.

(b) Se la calienta lentamente sobre un carbon á la llama de la lámpara ordinaria, mediante el soplete; é inmediatamente despues de haberla sacado del fuego, se la muele para reconocer la presencia de los ácidos volátiles de arsénico, de selénio ó de azufre, si los hay. Se compara el olor que se desarrolla en el fuego de oxidacion con el que se produce por el fuego de reduccion; aquel hace mas sensible el olor del azufre ó del selénio, y este hace mejor percibir los vapores arsenicales.

(c) Se examina despues la misma materia con relacion á su fusibilidad. Si esta materia se halla en granos redondos, duros, lo mejor es ponerlos sobre el carbon, y soplar por encima; pero si se puede quebrantar el grano, se escoje entre los pedacitos una escama delgada, con un borde cortante, ó bien cualquiera partícula puntiaguda ó una hojilla, y se la toma con unas pinzas de platina. Exponiendo en seguida la parte mas delgada á la accion del soplete, se observa si es fusible ó no. Las sustancias infusibles conservan sus puntas ó aristas intactas; las que se funden dificilmente, quedan con sus puntas y agujas redondas; en fin las fusibles se convierten en una esferilla.

En cuanto á los minerales que son muy difíciles de fundir, Berzelio aconseja de molerlos con agua, y de poner en el carbon una gota de esta mezcla, la cual se calienta en seguida en la llama de oxidacion hasta que se despegue enteramente del carbon; y despues,

cuando ya forma un todo coherente, ó una especie de torta porosa, se la toma con unas pinzas de platina, y se someten las estremidades al fuego mas activo, que se pueda producir al soplete.

Ciertas sustancias pueden cambiar de aspecto y de forma sin entrar en fusion : algunas se hinchan ó forman ramificaciones cuya reunion ofrece el aspecto del coliflor. Entre estas sustancias, unas se funden despues de la tumefaccion, otras quedan sin fundirse, otras arrojan una especie de espuma al fundirse, y producen un vidrio ampolloso, que aunque transparente por sí mismo, aparece como si fuese opaco, por causa de una multitud de poros y burbujas que encierra.

En el empleo de los reactivos, no se debe suspender demasiadamente pronto la insuflacion, porque hay sustancias, que parecen ser infusibles al principio de la operacion, y que sin embargo ceden poco á poco á la accion del fundiente, y entran al cabo de unos dos minutos en una fusion completa. Es necesario ademas no emplearlos sino en pequeñas cantidades, y ántes de agregar otras nuevas, esperar que las anteriores hayan recibido la accion del flujo : saturando de este modo el vidrio del ensaye, se obtienen muchas veces reacciones vivas y manifiestas, que no se conseguirian con un vidrio no saturado

Cuando se opera con los flujos bajo un fuego de reduccion, sucede que la esferilla del ensaye vuelve á oxidarse, mientras se enfria el carbon, y se pierde de este modo el efecto de la primera operacion. Para obviar á este inconveniente, se da vuelta al carbon, de modo que se haga caer la esferilla todavía líquida sobre un plato metálico, que se pone para esto debajo de la lámpara.

CAPITULO 6.

COBRE.

SECCION 1.ª

Minerales y productos de las artes.

§ 1.º ESPECIES MINERALES DE COBRE.

El cobre se halla en la naturaleza puro, *nativo*, ó bien combinado con diversos elementos, que son el oxíjeno, el cloro, el azufre, el arsénico &c.; de esto resulta gran número de diversas combinaciones ó *especies minerales*, que se pueden clasificar del modo siguiente.

1.º minerales metálicos —	cobre nativo.
2.º minerales oxijenados —	el protóxido (óxido rojo,) el deutoxido (óxido negro,) el oxicloruro.
3.º minerales sulfurados (sin antimonio ni arsénico)	el sùlfuro ó cobre vítreo, la pirita cobriza, el cobre abigarrado, el sùlfuro doble de cobre y de estaño, el sùlfuro doble de cobre y de bismuto, los sùlfuros dobles de cobre y de plata. los sulfatos.
4.º minerales antimoniales y arsenicales —	el cobre gris antimonial, id. id. arsenical, id. id. mercurial, id. id. plomizo, el arseniuro de cobre, los arseniatos de cobre.
5.º minerales que tienen ácido carbónico —	el carbonato negro, id. verde, id azul.
6.º minerales que contienen silice — —	los silicatos de cobre.

A esto se deben agregar las especies minerales escasas en la naturaleza, como son — los fosfatos de cobre,
el seleniuro de cobre,
el cromato de cobre,
el tunstato cobrizo.

Caracteres comunes á todos los minerales que contienen cobre. Todos dan al soplete con borax ó sal fosfórica un vidrio que es verde azulado, cuando se funde en la llama exterior, y pasando á la llama interior, cambia de color, se pone rojo y opaco. Todos se *atacan* por los ácidos, y producen disoluciones verdes ó verdes azuladas, que toman un color azul muy intenso, cuando se les agrega un exceso de amoniaco.

Cobre nativo. Se halla en masas irregulares, diseminado en chapas y pegaduras, en racimos, dendrítico y cristalizado. Sus cristales derivan segun Philips del octaedro regular; pero el cobre nativo de Chile se halla comunmente en octaedros de base rombal ó prismas rombales terminados por caras del octaedro. Las mas veces se encuentran *gemelos* con ángulos entrantes. Su color es á veces rojo obscuro, otras veces amarillento claro; y tambien se encuentra cobre nativo blanquizco, parecido al color de la plata. En este caso el metal es ágrio, quebradizo, mas duro que el rojo, y contiene siempre arsénico. Una muestra de este cobre sacada de unas *guias* metálicas de la cordillera de Illapel, dió 3 por ciento de arsénico

El cobre nativo se halla muy á menudo acompañado con el óxidulo rojo, que á veces cubre la superficie de las masas, á veces está pegado á ellas en forma de unos cristales cúbicos, y otras veces se halla diseminado en ellas, llena los poros del cobre, ó constituye las masas principales del mineral, en medio de las cuales el cobre se halla diseminado en hilos y partículas muy finas. De este modo se hallan formadas las masas de cobre nativo y las barras coloradas de las minas de Andacollo, que se pueden citar como las minas mas abundantes de esta clase de mineral, y que han producido hasta ahora mas cobre nativo que ninguna otra mina en el mundo.

Protóxido de cobre (oxídulo, óxido rojo, cobre rojo).—Es de color rojo de cochinilla y á veces pardo metálico ó negro en la superficie de los cristales; pero su polvo y su raspadura son siempre de color rojo de cochinilla.—Se halla en masas, diseminado, en agujas, aterciopelado y en cristales. Su forma cristalina es el octaedro regular, á veces biselado en sus aristas, como suele encontrarse en algunas minas del Huasco. Los cristales que acompañan el cobre nativo de Andacollo, son cubos, algo imperfectos. Al soplete sobre carbon se reduce muy facilmente. Se disuelve en el ácido muriático, y

la disolucion se enturbia agregando agua. El ácido nítrico lo disuelve con desarrollo de vapor nitroso. Consta de — cobre 0,8878
oxíjeno 0,1122

Su p : esp : 5,6. 1,0000

Constituye la mayor parte de los minerales oxijenados, que los mineros llaman metales de color, y en los cuales esta *especie mineral* se halla mezclada con peróxido de hierro, hidrato de hierro &c. A veces forma guias ó venas angostas revestidas por ambos lados con silicatos verdes, negros y azules; y á veces contiene 2 á 3 milésimas de cloro. Se halla comunmente encima de los súlfuros y cerca de la superficie; sin embargo, las venas mas puras y mas abundantes de este mineral en las minas de Andacollo, se hallan debajo de otras que son negras ó aceradas, de un mineral oxisulfurado de cobre, y encima de unas masas de cobre metálico.

Deutóxido de cobre (cobre negro, polvorilla de cobre, negrillo).—Rara vez en masas considerables, las mas veces mezclado con cobre amarillo de cuya descomposicion proviene.—Es negro, y tira á veces á negro azulado. Estructura terrosa; tizna poco; al soplete sobre carbon, se funde en una bolita negra que se reduce por debajo, y la reduccion se verifica completamente en la llama interior. Se disuelve en el ácido muriático, en el carbonato de amoniaco y en el ácido nítrico, sin producir en este último vapores amarillos.

consta de cobre 0,7983
oxíjeno 0,2017

En Chile se halla á veces casi puro, acompañado con el silicato y el carbonato de cobre, sin ninguna mezcla de súlfuro. Una muestra sacada de una mina nueva en el departamento de Elqui, dió

deutóxido de cobre — —	0,902
sílice jelatinosa — — —	0,020
óxido de hierro y alumina	0,040
agua y ácido carbónico —	0,038
	1,000

Atacamita (oxicloruro de cobre).—Es de color verde puerro; por refraccion, verde de esmeralda; la que está en tablas, es verdinegra obscura; la compacta, verde clara. Cristaliza en octaedros de base rectangular, en prismas rombales y en tablas exágonas. Estructura

estriada ú hojosa. Trasluciente en los bordes ó semitransparente. Raspadura verde de manzana. P. esp. 4,48. Al soplete tiñe la llama de un fuerte azul con las orillas verdes, y deja sobre el carbon, al rededor de la prueba, una pegadura roja; despues se funde, y se reduce á una esferilla de cobre rodeada de escorias. Se disuelve sin efervescencia en los ácidos y en el amoniaco.

Se halla en abundancia en las minas de cobre de Cobija (en Bolivia), acompañada con el súlfuro de cobre, con los óxidos de hierro, con el sulfato de cal &c. Se halla tambien, aunque escasa, en algunas minas de Chile, como en las de la Quebrada Seca (Copiapó) y en las del Carrizo, de San Juan y de Labral (Huasco). En el Perú, se halla con algunos minerales de plata y en el desierto de Atacama, en forma de una arena fina de color verde claro.

Berthier encontró en la Atacamita de Cobija

cloro — — —	0,149
cobre metálico —	0,133
deutóxido de cobre	0,500
agua — — —	0,218
	1,000

Cobre sulfúreo (cobre vitreo). Es de color gris de acero, lustre metálico, raspadura negra; estructura granuda, á veces hojosa, plana é imperfecta; fractura concóidea ó desigual. —El del antiguo continente suele hallarse cristalizado en prismas exágonos; en Chile no se halla cristalizado. Al soplete sobre carbon en la llama exterior, se funde muy pronto, despide ácido sulfuroso, hierve y arroja chispas de fuego; en la llama interior se cubre de una costra, y no se funde; en el matraz es inalterable. Es blando; se deja con facilidad cortar con un cuchillo.

Este súlfuro no es inatacable por el ácido hidroclórico, y en la accion de este ácido sobre el mineral, el deutocloruro se reduce al estado de protocloruro, con formacion del azufre: de modo, que el residuo consta de una mezcla de azufre y del súlfuro que no se habia atacado. La accion es pronta aun con la temperatura ordinaria, cuando este súlfuro se halla combinado con el súlfuro de plata. (Véanse minerales de plata).

Este mineral se halla en abundancia en las minas de cobre en Chile, sobre todo, en las que se hallan lejos de la costa, en un terreno de pór-

fidos estratificados : como son las de San Antonio (Copiapó), las de Catemo (Aconcagua), de San Pedro Nolasco &c. Todos los minerales conocidos entre los mineros bajo el nombre de *bronce acerado*, son de este súlfuro, ya sea puro, ya mezclado con deutóxido de cobre, carbonato de cobre &c. Es fácil confundir esta sustancia con cierta variedad de óxido de hierro, del mismo color y lustre que el súlfuro de cobre, el cual se distingue del otro por su blandura, su fusibilidad y el color que da al vidrio de borax al soplete.

El cobre sulfúreo que se halla en las minas de la costa, en los terrenos graníticos, está casi siempre mezclado con deutóxido de cobre, con carbonato, oxicloruro y silicato de cobre (á veces con oro) : el que se halla mas al interior, en los terrenos estratificados, contiene plata.

El mas puro, sin mezcla, contiene

cobre 0,7973
azufre 0,2027 — Cu^2 S.

Cobre abigarrado. (C. panácco, C rosicler de Méjico, bronce morado de Chile)—Recien partido, está su color entre amarillo de pirita cobriza y pardo de tumbaga ; pero pronto se toma de pardo violáceo, otras veces de pardo azul, luego de azul y otros colores de íris. Lustre metálico. Estructura de grano pequeño y compacta. Blando, se deja cortar con un cuchillo ; p. esp. 4,9 á 5. Al soplete, como el anterior. Se funde pronto en vasos cerrados sin perder nada de su peso.

Muchos minerales de diversa composicion pertenecen á esta especie : la proporcion de cobre varia en ellos de 38 hasta 70 por ciento. Todos constan de protosúlfuro de hierro F S, y de protosúlfuro de cobre Cu^2 S combinados entre sí en diversas proporciones. Los que tienen mas cobre, son casi compactos, de fractura concóidea y de color azul obscuro ó violado obscuro, con pocos colores de íris ; mientras que disminuyendo la proporcion de cobre y aumentando la de hierro, el mineral se halla mas abigarrado (tornasolado), y entre los colores predominan el amarillo rojizo y el azul celeste.

Estos minerales abundan mucho en algunas minas de Chile, particularmente, en las de Tamaya (Ovalle) y en la mina de los Sapos (Combarbalá). Los de esta última contienen á veces hasta 0,0025 de plata, mientras que los de Tamaya contienen casualmente oro. En Méjico abundan en Ramos, Mazapil y Huetamo.

Composicion de diversas variedades de esta especie en Chile.

Minas y localidades.	Tamaya. De la Mollaca.	Mina de los Sapos.	Mineral de la Higuara.
Cobre.	0,667	0,561	0,595
Hierro.	0,089	0,177	0,182
Azufre.	0,228	0,231	0,205
Criadero.	0,016	0,031	0,018
	1,000	1,000	1,000

Cobre amarillo, ó pirita cobriza. (Bronce candelero ó dorado de Méjico, bronce amarillo de Chile). Es amarillo de laton bajo ó subido, que á veces se acerca al amarillo de oro; la fractura recien hecha se cubre las mas veces con el tiempo, con colores de la cola de pavo real ó del pecho de paloma. Lustre metálico. Estructura de grano grueso y pequeño. Fractura desigual y á veces concóidea, grande y plana. Mas duro que el anterior, y tanto mas duro, cuanto menos es la proporcion de cobre que contiene : p. esp. 4,169. Al soplete sobre carbon se funde mas facilmente que el cobre sulfúreo, en una esferilla quebradiza, magnética. En un matraz da un poco de sublimado de azufre. Es inatacable por el ácido muriático, pero se disuelve muy facilmente en el ácido nítrico y en el agua rejia.

Se halla á veces cristalizado en tetraedros irregulares, que derivan del octaedro de base cuadrada, y en otras formas complicadas que tambien provienen de la modificacion de las anteriores ; pero comunmente se halla en masas, diseminado, arriñonado &c.

Consta de protosúlfuro de cobre $Cu^2 S$, y de persulfuro de hierro $F^2 S^3$, combinados en todas proporciones sin que la de cobre pase jamas de 34 á 36 por ciento. Mientras mas cobre tiene, mas fino es su grano y mas blando, y mas vivos son sus colores : cuando la proporcion de cobre baja de 6 á 7 por ciento, el mineral se parece á la pirita ordinaria de hierro : se encuentran sin embargo minerales de esta especie, que á pesar de tener mas de 20 por ciento de cobre, carecen de colores vivos *de tornasol ;* pero en este caso se conocen por su grano que es siempre mas fino que el de la pirita de hierro. Calcinados en un crisol de brasca, emiten tanto mas azufre cuanto mas súlfuro de hierro contienen. El mineral cristalizado y otros mas

puros de esta especie en Chile constan de

	(1) de la Higuera.	(2) de Brillador.	(3) de los Sapos.
Cobre	0,371	0,367	0,283
Hierro	0,321	0,260	0,264
Azufre	0,306	0,338	0,290
Criadero	0,011	0,026	0,160

(1) Especie cristalizada en formas que parecen derivar de un tetraedro irregular; se cubre muy pronto de colores de íris.

(2) En masas, de color amarillo de oro, de mucho lustre y de estructura casi compacta.

(3) Variedad particular por su color amarillo algo verdoso, cuyo lustre se empaña con el contacto del aire, sin tomar colores de íris; y por esto se puede equivocar con la pirita de hierro, de la cual se diferencia á la simple vista por un grano extremadamente fino, que nunca se ve en la pirita de hierro, ni en cualquiera pirita cobriza de poca ley.

Se halla las mas veces mezclado con cobre negro, hierro espejado y magnético, yeso, una especie de arcilla muy suave al tacto, cuarzo, asbesto &c. á veces con granate, como en Panucillo. Es esta especie la que mas abunda en las minas de Chile: las que producen mayor riqueza de ella, son las del Carrizal, de San Juan, de la Quebradita (Huasco B.), las de la Higuera, de Brillador, de Tambillos y de Panucillo (Coquimbo), las del Cerro Blanco (Copiapó); Catemo &c. Es de observar que mientras en otros paises, particularmente en Inglaterra, esta clase de minerales se halla casi siempre mezclada con arseniuro de cobre, los de Chile, en particular los que provienen de las minas situadas cerca de la costa, no tienen comunmente ningun vestijio de arsénico ni de antimonio.

Sulfuro doble de cobre y de estaño. Es blando, quebradizo, de un color que es entre gris de acero y amarillo de laton; lustre metálico. —Al soplete sobre el carbon, se pone blanco en la superficie, y cubre el carbon con una pegadura blanca.

Solo se ha hallado en Méjico y en Inglaterra.

Súlfuros dobles de cobre y de plata—(Véanse las especies minerales de plata).

Sulfatos de cobre. Hay varias especies de sulfatos de cobre; y to-

das son verdes ó azules, dan agua en el matracito, y al soplete se ponen negras.

El sulfato neutro se cria comunmente en las minas de cobre amarillo, y proviene de la descomposicion de este súlfuro. Cristaliza en prismas oblicuos; es azul, soluble en el agua, y de un sabor astringente metálico. Se halla muy á menudo en las paredes de las antiguas labores en las minas: la que produce mas de este mineral, es la de la Tierra Amarilla en Copiapó, donde se halla el mismo sulfato con el sulfato neutro de hierro y otros sulfatos de hierro, de zinc y de alumina.

El subsulfato del Perú es verde, insoluble en el agua, soluble en los ácidos; se halla en pequeñas masas terrosas, mezclado con yeso y arena. El de Méjico es granudo, sin lustre, casi terroso, verde ó verde parduzco, insoluble en el agua, muy soluble en el carbonato de amoniaco.

El subsulfato se halla muy á menudo mezclado en pequeñas proporciones en los mas minerales oxijenados de Chile.

Subsulfato — —	del Perú	de Méjico
	por Proust	por Berthier
Deutóxido de cobre —	0,6394	0,6790
Acido sulfúrico —	0,2155	0,1707
Agua — —	0,1455	0,1503

Cobre gris (Soroche fino de Chile). Se da este nombre á un gran número de especies minerales, que todas tienen color gris de acero y lustre metálico: las mas cristalizan en tetraedros, ó formas que derivan del tetraedro; y al soplete indican la presencia del azufre, del arsénico y antimonio. Las principales subespecies de cobre gris son:

(1) *Cobre gris arsenical.* De color gris de acero obscuro: lustroso en la fractura recien hecha; pero se empaña por el contacto del aire. Al soplete se funde, hierve, y despide humo con olor de ajo. Despues de calcinado, produce con la sosa sobre el carbon un grano de cobre. Se ha encontrado en algunas minas de Chile situadas lejos de la costa, particularmente en las de San Pedro Nolasco, y en Lajarilla (mina abandonada cerca de Andacollo).

(2) *Cobre gris antimonial.* Se diferencia del anterior por el humo antimonial que produce con abundancia, cuando se ensaya al soplete, ya sea sobre un carbon, sea en un tubo abierto. Por fuera es resplandeciente y lustroso, cuando tiene caras lisas ; por dentro poco lustroso, de grano grueso y pequeño ; fractura desigual. Se halla en Chile en masas y á veces cristalizado con formas muy complicadas ; se cria en los cerros estratificados léjos de la costa, como el anterior. Las minas en que se ha hallado, son las de Machetillo, y de los Porotos (Elqui) ; la del Manto de Valdivia en Rapel (Ovalle), las del cerro blanco (Copiapó), las de San Pedro Nolasco &c. Casi siempre se halla acompañado con la galena y la blenda.

(3) *Cobre gris plomizo.* (Burnonia). Critaliza en formas que derivan del prisma recto de base rectangular : color gris de estaño ; fractura lustrosa casi siempre concóidea. Al soplete sobre carbon se funde con desarrollo de un humo blanco espeso, dejando un globulito negro. Esta especie no se ha hallado todavia en Chile, pero sí en varias minas de Méjico.

(4). *Cobre gris mercurial.* Es un mineral muy interesante y escaso. Se parece por su color y su lustre al cobre gris arsénical. En un tubo abierto, despide olor de azufre, produce mucho humo antimonial y un sublimado de mercurio, dejando un residuo que da al vidrio de borax un color verde azulado : en un matraz produce tambien mercurio (por causa del peróxido de hierro con que se halla comunmente mezclado, y por el cual se reduce el súlfuro de mercurio). Se halla acompañado con el cinabrio, y el carbonato azul de cobre. Se encuentra en las minas de mercurio y algunas de cobre en Punitaqui (particularmente en la del Manto del Sr. Valdivia), tambien en una mina de azogue en Illapel, en otra cerca de Andacollo, y en la de azogue en el Cerro Blanco de Copiapó;—(Véanse minerales de mercurio).

La composicion de las diversas subespecies de cobre gris es muy variable : la proporcion de cobre varia comunmente de 38 á 42 por ciento ; y todas tienen mas ó menos plata, cuya proporcion sube a veces hasta dos ó cuatro por ciento.

	(1) Alemania.	(2) Chile.	(3) Inglaterra.	(4) Chile.
Cobre	0,384	0,367	0,453	0,485
Hierro	0,015	0,012	0,093	0,048
Zinc	0,068	0,069	—	0,023
Plata	0,008	0,025	—	0,003
Antimonio	0,253	0,207	—	0,064
Arsenico	0,023	0,065	0,118	0,114
Azufre	0,250	0,253	0,288	0,261
	1,001	0,998	0,952	0,998

(1) Cobre gris antimonial de Dillemburg (por M. H. Rose).

(2) Cobre gris antimonial de Machetillo : de color gris de acero claro ; en cristales muy complicados, por fuera muy lustrosos ; fractura desigual, de grano pequeño ; raspadura parda, algo rojiza ; se halla acompañado con la galena de hojas anchas, y con el espato perlado

(3) Cobre gris arsénical de Cornuallis, mineral llamado Tenancia, cristalizado en dodecaedros rombales, por fuera negros, por dentro de color gris de plomo, de fractura igual ; p. esp. 4,37. Es un súlfuro triple de cobre, hierro y arsénico (por Philips).

(4) Cobre gris arsénical de San Pedro Nolasco. De color gris de acero, mas obscuro que él del cobre gris antimonial de Machetillo (3) ; y aun tira un poco al azulado, en algunas partes al verdoso : es de grano pequeño y en parte de grano muy fino que pasa á compacto ; fractura desigual ó concoidea. Se halla en masas y diseminado, con el súlfuro de cobre del cual se distingue tanto por su lustre y color, como por su estructura, siendo esta última en el súlfuro de cobre en el que sale de las minas de San Pedro Nolasco, algo hojosa, de hojillas pequeñas.—Sus compañeros son á mas del citado sulfuro, la galena, la blenda y el espato perlado.

Cobre blanco (arseniuro de cobre).—En la fractura recien hecha es de color blanco de estaño, con mucho lustre metálico, parecido al del arseniuro de hierro, solo tira un poco al amarillento ; este lustre luego se empaña por el contacto del aire, se vuelve mas y mas amarillo, despues toma colores de íris, y llega á ser muy parecido al de la

pirita cobriza ó del cobre abigarrado. Su estructura es de grano fino, y pasa á compacta; fractura desigual, que pasa á concóidea imperfecta. Es ménos blando que el cobre abigarrado, y toma lustre con el cuchillo. Al soplete, por sí solo, se funde muy pronto, despidiendo mucho olor arsénical, y corroe muy luego la platina : el residuo de la calcinacion sobre el carbon no es atraido por el iman. Es inatacable por el ácido muriático é inalterable por el fuego. Los minerales que lo acompañan, son el protóxido de cobre, (cobre rojo), el cobre nativo, el arseniato y el carbonato de cobre, la pirita cobriza y la plata nativa.

La especie pura solo se ha hallado en Chile, en el cerro de Calabazo (Illapel), en unas guias angostas, con cobre rojo y plata nativa; pero la misma especie mezclada con pirita cobriza, se halla en abundancia en las minas de plata de San Antonio (Copiapó). La especie pura del cerro de Calabazo consta de cobre 0,7164
arsénico 0,2836 $Cu^3 Ar$.

La de San Antonio ha producido en una analisis—

cobre	0,6193
hierro	0,0046
arsénico	0,2039
azufre	0,0339
criadero	0,1239
	0,9856

Arseniatos de cobre. El deutóxido de cobre y el ácido arsénico se hallan en la naturaleza combinados en gran número de proporciones con agua ó sin ella, y á veces con arseniatos de hierro, de alumina y ácido fosfórico. De esto resultan muchas subespecies que todas, al soplete, cambian de color; producen en el matraz agua; se reducen muy pronto sobre el carbon con desarrollo de mucho humo arsénical : dan con la sosa un grano metálico blanquizco, muy ágrio; y se disuelven facilmente en los ácidos sin efervescencia, y sin dejar residuo de sílice. Son de diversos colores, y en particular de azul celeste, de verde esmeralda, verde pistacho y aceituna, de verde cardenillo y amarillo pajizo. Sus formas cristalinas son tambien diversas; y entre ellas se citan el octaedro de base cuadrada; las tablas exágonas y los prismas rectos y oblícuos.

En Chile se hallan muy escasas, nunca cristalizadas, y solo acompañan al arseniuro y algunos minerales arsenicales de plata. Feliz-

mente para el beneficio de cobre, no se hallan en la masa principal de los minerales de cobre que provienen de las minas situadas cerca de la costa.

Fosfatos de cobre. Son tambien numerosos los minerales de esta especie; pero ninguno se halla en abundancia, y solo acompañan al óxido, á veces al arseniato ó carbonato de cobre. Son comunmente de color verde obscuro ó bien verde de malaquita; se disuelven en los ácidos sin efervescencia ni residuo; sobre carbon, no despiden olor de ajo, y no dan ningun color á la llama; en el matraz dan agua, y se vuelven negros.

Carbonatos de cobre. Se disuelven con efervescencia en todos los ácidos, y sus disoluciones son verdes ó verdes azuladas. Hay tres especies de carbonato.

(1) *Misorina.* Es negra ó parda obscura, compacta, blanda; en el matraz no despide agua. Es muy escasa.

(2) *Malaquita* (metal cardenillo, ó metal estrellado de Chile).—Es de color verde esmeralda y cardenillo de todos grados. Estructura fibrosa, gruesa ó fina (á veces estriada, lustrosa), tambien compacta, ó terrosa, á veces en zonas concéntricas de diversa estructura. Se halla en masas, diseminada, en racimos, arriñonada &c. Esta especie es la mas apreciada por los fundidores, y muy comun en las minas de Chile, sobre todo, en las que no se hallan á mucha distancia de la costa.

(3) *Cobre azul* (metal añilado de Chile).—De color azul de ultramar; en la superficie lustroso, lustre de vidrio y de diamante; á veces cristalizado en prismas agrupados en bolas y racimos. La variedad compacta azul de esmalte. Esta especie es muy escasa en las minas principales de cobre en Chile, pero acompaña muy á menudo (aunque siempre en pequeña cantidad) á los minerales de azogue, de plomo y algunos de plata.

Los carbonatos puros, separados de sus criaderos y de todos los minerales con que se hallan comunmente mezclados, constan de:

Carbonato	Negro.	Azul.	Verde.
Deutóxido de cobre	0,7826	0,6912	0,7184
Acido carbónico	0,2174	0,2560	0,1995
Agua	—	0,0528	0,0821

12

Silicatos de cobre. El silicato de cobre $CuOS^2$ existe en la naturaleza combinado en tres diferentes proporciones con agua; á mas de esto, el mismo silicato se halla con exceso de sílice; y hay otro silicato, *silicato básico*, que contiene mas óxido de cobre que los anteriores.

Todos estos silicatos al soplete se ponen negros, en el matraz dan agua, y todos se disuelven en los ácidos muriático y sulfúrico, dejando por residuo una sílice soluble en una disolucion de potasa. Se distinguen de los carbonatos, de los arseniatos y de los oxicloruros por la propiedad que tienen de disolverse en los ácidos sin efervescencia, y de no dar color azul á la llama, ni producir olor de arsénico al soplete.

Las diversas subespecies son:

(1) *La dioptasa*: de color verde de esmeralda, lustrosa, trasluciente ó transparente, cristaliza en prismas, y tiene una estructura hojosa de triple crucero. Es muy escasa, y solo se ha encontrado cristalizada en Siberia. Un silicato de cobre casi de la misma composicion se halla en un mineral verde arriñonado, compuesto de capas delgadas concéntricas de carbonato y de silicato, en las minas de Punitaque.

(2) *Malaquita silicífera*: en masas, diseminada y en revestimiento; nunca cristalizada; de color verde cardenillo de diversos grados; estructura compacta; fractura concóidea pequeña; trasluciente en los bordes, blanda.

(3) *Somervilla.* Unas veces en venas delgadas, verdes, transparentes, de lustre y fractura vítrea, acompañando al cobre nativo; otras veces en masas compactas, sin lustre, de color azul celeste, opaca ó trasluciente en los bordes: puesta en el agua, primero sobrenada, y luego despues cae al fondo, y se vuelve mas trasluciente. Enfin se halla la misma especie con un exceso de cuarzo, de color azul mas pálido y mas blanda.

Estas dos últimas subespecies se hallan muy á menudo mezcladas con otras especies en los minerales oxijenados de Chile.

(4) *Llanca* de Chile. Este es el nombre que dan los mineros á una especie de sílice verde azulada de diversos grados, que acompaña muy á menudo los óxidos de cobre, el cobre metálico y algunos minerales oxisulfurados del mismo metal. La proporcion de deutóxido de co-

bre en ella es muy variable, y se puede reconocer á la simple vista por el grado de color y la blandura. Las mas pálidas son al mismo tiempo mas duras, y contienen á penas 3 á 4 por ciento de óxido. Las que son blandas y de un color que tira al cardenillo ó al azul celeste, tienen hasta 20 y mas por ciento de óxido, y se hallan entonces mezcladas con otros silicatos y muchas veces con el carbonato verde. Es un hecho que el óxido de cobre se halla comunmente como disuelto de un modo muy desigual, en la masa de la llanca, la cual está las mas veces cerca de la superficie de la tierra, ó en la parte superior de las vetas.

(5) *Silicato negro.* Es de color negro de terciopelo ; estructura compacta ; fractura concóidea, lustre de vidrio, parecido al de la obsidiana ; opaco, polvo negro ; al soplete no cambia de color, y con dificultad se funde, solo en los bordes. En el matraz da agua. Es atacable por los ácidos muriático y sulfúrico.

Este silicato se halla muy á menudo en algunas minas de cobre en Chile, particularmente, en las de la Higuera, de la Cortadera, de Brillador &c. (Coquimbo) ; y siempre formando venas muy angostas, que se hallan entre las de cobre rojo y otras de una *llanca* verde ó azulada. Las mas veces son unas guias de cobre rojo (protóxido de cobre) de una media pulgada de ancho, y están por ambos lados revestidas de silicato negro, y este último muy angosto, encajado en unas masas de la citada llanca ; de modo que los tres minerales forman unas cintas tricolores cuyo centro ocupa el cobre rojo, y los bordes el silicato verde azulado.—Es de advertir que la parte media, que en este caso suele tener una estructura hojosa y unas dos á tres milésimas de cloro, tiene á veces una proporcion muy variable de sílice, que se halla probablemente mezclada con el protóxido.

Composicion	(1) Rusia	(2) Rusia	(3) Est.-Uns.	(4) Chile	(5) Chile	(6) Chile
Deutóxido de cobre	0,451	0,399	0,351	0,295	0,120	0,501
Sílice combinada	0.368	0,350	0,354	0,522	0,759	0,282
Agua	0,115	0,210	0,285	0,167	0,101	0,191
Oxido de hierro		0,030	0,010			0,037
Alumina	0,024			0,012	0,026	
Cal y magnesia	0,036					
Sílice y arcilla						

(1) Dioptasa del pais de los Quírquisos (por Hess).

(2) Malaquita silicífera (*Quiselmalaquita*) de Siberia (por Kobell).

(3) Somervilla de los Estados-Unidos (por Berthier).

(4) Llanca, de que se hallan revestidas unas guias de cobre rojo, de cobre metálico y cobre sulfúreo en las minas de Andacollo : es de color verde azulado.

(5) Llanca de color verde, la que acompana á los óxidos de cobre en la mina de la Cimarrona (Higuera).

(6) Silicato negro, muy lustroso, parecido á un obsidiano ; de la Cortadera (Coquimbo).

Entre las especies mas escasas en la naturaleza se pueden citar las siguientes :

Seleniuro de cobre :—de color gris de plomo, lustre metálico por dentro y mate en la superficie ; blando, maleable ; al soplete se funde con fuerte olor de coles podridas ; en un tubo abierto da un sublimado rojo de selénio.

Tunstato de cal cobrizo :—de color pardo verde por reflexion y de verde manzana por refraccion ; lustre de vidrio ; trasluciente, estructura semihojosa imperfecta en un sentido, y compacta y escamosa en otros. Es pesado, frágil, y su polvo blanco grisaceo un poco verdoso. Al soplete chisporrotea, se vuelve negro, y no se funde sin adicion. Con borax da un vidrio sin color en la llama exterior y otro azul hermoso en la llama interior. Los ácidos lo corroen dejando un residuo amarillo, el cual es soluble en el amoniaco.

Este mineral se halla en la mina de Llamuco cerca de Choapa (Illapel) : consta de

Acido tunstico	0,7575
Cal — —	0,1805
Deutóxido de cobre	0,0330
Sílice —	0,0075
Alumina —	0,0075
Perdida en el fuego	0,0140
	1,0000

El cromato de cobre y el *fosfato doble de cobre y de urano* no se han hallado todavia en el nuevo continente, y son muy escasos en el antiguo.

§ 2 MINERALES DE COBRE CONSIDERADOS EN EL ESTADO EN QUE SE BENEFICIAN.

Los minerales de cobre, tomados en el estado en que los mineros los entregan á los beneficiadores y al comercio, son unas mezclas de las *especies minerales* que se acaban de describir, y no *especies* puras.

Los mineros del pais los llaman *metales.* La diferencia que se debe hacer entre los *minerales ó metales* considerados en el estado en que salen de las minas y las *especies minerales puras*, corresponde á lo que los metalurgistas franceses llaman *minérais* y *minéraux* : siendo estos últimos verdaderas *especies mineralógicas,* y aquellos, mezclas de especies.

En jeneral, tres clases de minerales distinguen los mineros y beneficiadores de Chile ; y esta distincion se halla conforme con los principios de la verdadera ciencia. Estas tres clases se conocen bajo la denominacion de

(1) *Metales de color,*
(2) *Metales de bronce,*
(3) *Metales acerados.*

(1) *Metales de color :* estos son comunmente unas mezclas de cobre nativo y de diversas *especies minerales oxijenadas :* como son los óxidos, el oxicloruro, los carbonatos y los silicatos de cobre. La gran variedad de colores en estos minerales, y en particular el verde, el azul, el rojo de cochinilla mezclados con el negro y otros colores de diversos grados, sin ninguna mezcla de lustre metálico de bronce ó de acero : he aquí lo que constituye el carácter principal de estos minerales. Los mas abundantes se componen de protóxido de cobre mezclado con peróxido de hierro hojoso (espejado), hidrato de hierro, arcilla y cuarzo ; y estos minerales que los mineros suelen llamar *metales almagrados*, corresponden á lo que los alemanes llaman ziegelerz (ó mineral de ladrillo). De esta clase, por ejemplo, son algunos minerales del Cerro del Cobre (departamento de Copiapó), cuyo comun, en una analísis, dió

Protóxido de cobre	0,366
Hidrato de hierro	0,572
Criadero (cuarzo y arcilla)	0,062
	1,000

Cuando son pobres, y la *matriz* contiene mucho cuarzo (quijo), se consideran por los beneficiadores como *metales secos*; cuando en vez del cuarzo contienen mucho óxido de hierro *(hierrillo, arenilla voladora)*, sirven de *liga*, es decir, de fundiente para los *metales secos*.

Es otra variedad de minerales de la misma clase, cuando predomina en ellos el carbonato verde : estos comunmente son mas *dóciles*, contienen á veces la mitad de su peso de cobre, y se conocen entre los mineros bajo el nombre de *cardenillos, estrellados &c.* Mas, lo verde de estos minerales pertenece unas veces al carbonato, al oxicloruro ó al subsulfato, y otras veces al silicato, al arseniato, ó indistintamente á todos.

En realidad sucede que la composicion de la parte verde se halla muy complicada. En una analísis hecha por M. Jaéquot en el Colejio de minas de Paris, se encontró que la lianca verde azulada, en que se hallan embutidas unas venas de protóxido de cobre y de cobre metálico en algunos minerales de Chile, exportados de aquí para Francia, consta de

Deutóxido de cobre	0,398	subsulfato de cobre	0,584
Acido sulfúrico	0,101		
Agua —	0,085		
Deutóxido de cobre	0,070	silicato de cobre	0,206
Sílice —	0,071		
Agua —	0,065		
Oxido de hierro	0,015		
Criadero cuarzoso	0,185		
	0,990		

De modo que es una mezcla de un subsulfato parecido por su composicion al de Méjico, y de un silicato de misma especie que la somervilla.

Una variedad muy hermosa de malaquita estalactítica y globulosa, compuesta interiormente de capas concéntricas de color verde y verde azulado de diversos grados, de estructura fibrosa diverjente, me dió

Deutóxido de cobre	0,584	carbonato verde	0,851
Agua y ácido carbonico	0,267		
Deutóxido de cobre	0,064	silicato de cobre	0,139
Sílice — —	0,061		
Agua — —	0,014		
Sílice soluble en la potasa — —	0,010		
	1,000		

La composicion del silicato es casi idéntica con la de la dioptasa analizada por Vauquelin. El mineral proviene de las minas de cobre de Punitaque.

En fin, como otro ejemplo de la complicacion de los elementos en *lo cardenillo* de algunos *metales*, voy á citar un mineral compacto, verdinegro, de fractura concóidea, mineral que se halla en papas y guias en la mina de plata llamada *Manto* de los Sres. Cobos en Chañarcillo. Este mineral consta de

Deutóxido de cobre	0,265	soluble en el carbonato de amoniaco	0,474
Acido arsénico	0,048		
Acido sulfúrico	0,018		
Agua — —	0,143		
Deutóxido de cobre	0,047	soluble en el ácido muriático . —	0,111
Sílice — —	0,034		
Agua — —	0,030		
Peróxido de hierro y criadero &c. —	0,415		
	1,000		

Es, por consiguiente, una mezcla de arseniato, subsulfato y silicato: la mezcla es íntima, casi homojénea, y sirve de criadero al cloro-bromuro de plata que se halla comunmente en la superficie de la parte verdosa del mineral ó bien en sus poros y huecos.

En fin, se puede admitir por regla jeneral que casi no hay *metales de color* que no tengan un poco de algun sulfuro de cobre, y particularmente algun indicio *de pirita cobriza ó de sulfato.* Las mas veces, cuando la pirita aparece en proporcion notable, se halla con el óxido rojo y con otras especies oxijenadas de cobre, el deutóxido, que se distingue por su color negro y su aspecto terroso (*negrillo*).

(2) *Metales de bronce.* Todos los minerales de esta clase son unas mezclas de pirita de hierro puro *(bronce dado)*, de pirita mas ó ménos cobriza y de cobre abigarrado : segun el grado de riqueza que anuncian, toman los nombres de *bronce blanco, bronce amarillo, bronce tornasoleado, bronce morado.* La matriz de ellos es comunmente una arcilla gris cenicienta, muy suave al tacto (javoncillo) mezclada con cuarzo, anfíbola, yeso y á veces con óxido de yerro magnético.

Los de pirita cobriza se hallan muy á menudo mezclados con el óxido negro de cobre tan terroso y desmoronadizo que tiznan, y se reducen con facilidad á polvo. Estos minerales negros, terrosos, que con frecuencia contienen yeso en sus matrices, se llaman en el pais

bronce negro, bronce añilado &c.—Una variedad de bronce negro que proviene de las minas del departamento de Huasco Bajo, dió en una analísis

Deutóxido de cobre	0,352	
Acido sulfúrico	0,013	
Cobre —	0,393	} 0,591
Hierro —	0,045	
Azufre —	0,153	
Criadero -	0,044	
	1,000	

Es por consiguiente una mezcla de deutóxido, de subsulfato y de cobre abigarrado.

(3) *Metales acerados.* Los minerales de esta clase son mas ricos y fusibles que ninguno de los anteriores. Constan ó de cobre sulfúreo, que no tiene mas que 2 á 3 por ciento de súlfuro de hierro, ó bien de cobre sulfúreo mezclado con deutóxido de cobre, carbonato de cobre y á veces oxicloruro de cobre.

Todos son de color gris de acero, que á veces tira á negro, otras veces á gris de plomo; tienen lustre metálico; son blandos, se dejan cortar con cuchillo; pero no son desmoronadizos, ni tiznan, como los que constan de una mezcla de pirita cobriza y de óxido negro. Su estructura es compacta, á veces granuda ó semihojosa imperfecta: su peso específico varia de 4,82 á 5,69, y en jeneral es tanto mayor cuanto mas súlfuro contienen.

Al soplete, todos se funden con ebullicion y desarrollo de ácido sulfuroso; y los mas dan en la llama interior una escoria llena de partículas metálicas rojas; los que tienen exceso de óxido, son ménos fusibles que los otros; y los mas fusibles son aquellos, que se componen de súlfuro y óxido en proporciones casi exactas para una reduccion recíproca y formacion de cobre. Fundidos en un crisol tapado, sin agregar algun flujo ó reactivo, todos dan cobre y eje, ó cobre y una escoria rojiza segun el caso, en que el súlfuro ó el óxido predomina. Todos son atacables en parte por el ácido acético, el amoniaco y carbonato de amoniaco, dejando un residuo de cobre sulfúreo. El ácido muriático separa con la mayor facilidad aun en frio el óxido del súlfuro; pero ejerce tambien una accion notable sobre el súlfuro; y sucede que por el hidrójeno sulfurado que resulta de esta accion, se reduce una parte del deutóxido de cobre al estado

de protoxido, y precipita azufre; de modo que el residuo de la accion de este ácido sobre el mineral, contiene siempre mas azufre que lo que corresponde al súlfuro (*).

Las minas que abundan mas en estos minerales acerados, que se componen unas veces de óxido y de súlfuro, y otras veces de carbonato y de súlfuro, son las de Andacollo. Allí el mineral forma unas guias angostas encajadas en medio de unas cintas de silicato verde azulado (llanca), y á veces acompañadas con el cobre metálico y el protoxido de cobre, que tambien forman cintas ó listas angostas colocadas simétricamente en las mismas *guias*. Se observa que, mientras, en jeneral, en todas las minas de cobre los minerales oxijenados se hallan encima de los súlfuros, en las de Andacollo aquellas guias de *metales acerados* se encuentran en la parte superior del cerro, y se transforman en hondura en otras de óxido rojo de cobre, y despues pasan al cobre metálico. Un caso semejante y minerales de la misma naturaleza se observan en el cerro del Teniente, en las cordilleras de la Compañía (departamento de Rancagua).

Los minerales cloro-sulfurados, es decir los que constan de una mezcla de oxicloruro y de súlfuro, se hallan en abundancia en las minas de Cobija (en Bolivia), y se han encontrado minerales análogos en las de Brillador y de la Cimarrona (Coquimbo). Todos dan al soplete un color azul muy hermoso á la llama, y despiden olor de ácido muriático. Algunos son tan compactos, tan homojéneos, y de tanto lustre metálico, que no dejan ver á la simple vista el oxicloruro, que se halla en ellos.

Minerales antimoniales y arsenicales.

A mas de las tres clases de minerales que son los únicos que por ahora se emplean en el beneficio de cobre en Chile, hay otros que se componen de *especies minerales antimoniales y arsenicales*, y cuyo beneficio es mas difícil, por causa del antimonio y arsénico, que ligandose con el cobre, dan una pasta blanca, quebradiza. Estos minerales son: 1.° de diversas especies de cobre gris, mezcladas con galena y blenda: como son los minerales de Machetillo, de Rapel, de Los Porotos &c.; 2.° de arseniuro y arseniato de cobre mezclados

---

(*) Fué por haber ignorado esta reaccion del ácido muriático sobre los minerales oxisulfurados, que caí en errores bastante graves en algunas de las analisis publicadas en los anales de minas de Paris para el año de 1840, T. XVIII, Série 3.ª

con pirita cobriza, óxido rojo de cobre y cobre sulfúreo : como son los de San Antonio en Copiapó.

Todos estos minerales se consideran por ahora en Chile como *metales de plata* (soroche) ; y á estos se pueden agregar algunos de cobre sulfúreo, mezclados con mucha matriz ó criadero, que por su poca ley de cobre y su mezcla de súlfuro de plomo, solo se benefician por plata, y se desprecian ó se venden para la exportacion las *harinas de relave.*

Distincion de los minerales por los terrenos en que se encuentran.

En fin, una de las distinciones mas importantes que se puedan hacer en los minerales de cobre, de diversa naturaleza en Chile, proviene de los *criaderos*, (*lecho, gissement*) ó de los *terrenos* en que se hallan. Bajo este respecto, se puede decir que hay en Chile dos clases de minas de cobre, situadas en dos distintos terrenos.

Las mas importantes, las que producen la mayor parte del cobre y de los minerales que se exportan de Chile, se hallan en unas rocas *no estratificadas*, en un terreno llamado por los jeólogos *terreno primitivo, terreno de cristalizacion ó terreno de sublevacion*, de oríjen ígneo. Las mas de estas rocas son de *diorita* ó de una *eurita compacta;* y los cerros formados de estas rocas, los que se hallan atravesados por las vetas de cobre, forman como una cadena, que no se aleja mas de unas seis á ocho leguas de la costa. En esta *cadena litoral* de minas de cobre se hallan los minerales del Carrizal, de San Juan, de la Higuera, de Tambillos, de Panucillo, de Tamaya, de Punitaque, de Chocalan, Altagua y una infinidad de otras. En todos ellos en jeneral, las vetas en su parte superior producen toda clase de minerales oxijenados : como son los óxidos, el oxicloruro, los carbonatos, y los silicatos de cobre con óxidos é hidratos de hierro, y en la parte inferior, pirita cobriza, cobre abigarrado y á veces *metales acerados* ó mezclas de cobre sulfúreo con óxido negro de cobre. Estos minerales no tienen comunmente ningun indicio de plata, y tampoco contienen arsénico ni antimonio, ni plomo, pero sí, con frecuencia, oro diseminado en partículas extremadamente finas, que algunas veces se aperciben á la simple vista.

La segunda clase de minas de cobre en Chile, se halla á cierta distancia de la costa, y á una altura considerable. Estas minas se hallan en un terreno estratificado *(cerros de fajas)*, llamado por los geólogos *terrenos segundarios*, que es el mismo en el cual se hallan

todas las minas de plata en Chile. Las vetas de estas minas producen en jeneral muy poco *metal de color;* pero en ellas se crian todas las *especies* sulfuradas, arsenicales y antimoniales que hemos descrito. Entre los súlfuros, se cria con frecuencia cobre sulfúreo puro, que se halla en todas proporciones combinado con súlfuro de plata. Al cobre sulfúreo se juntan la blenda y la galena, otras veces el cobre gris y la galena, otras veces el cobre abigarrado y la pirita, otras veces el arseniuro y los arseniatos; pero, en jeneral, todos los minerales de esta clase son mas ó ménos platosos, y los mas pueden producir en el beneficio ordinario del pais pastas blancas y quebradizas. En esta segunda cadena de minas de cobre, de las cuales algunas se internan á mas de treinta leguas de la costa, se hallan las minas de San Antonio y una parte de las minas de Cerro Blanco (Copiapó), las de S. Antonio, de Chingoles, de Machetillo, de los Porotos (Coquimbo), las de Rapel, de San Lorenzo, del Parral, (Combarbalá), de Nancaballo, de Calabazo (Illapel), del Farellon (Petorca), algunas del Cerro de Catemo, las de San Francisco en Las Condes, las de San Lorenzo (San José), San Pedro Nolasco, Púquios &c.

Es menester advertir que el mismo terreno de la costa, las mismas rocas graníticas no estratificadas volviendo á parecer en el sistema de los Andes de Chile mas adentro, á mucha distancia de la costa, y á mucha altura, sucede que trás de esta segunda cadena de minas que se acaban de mencionar, vuelven á aparecer minas de cobre de la misma naturaleza que las de la costa, con sus minerales análagos. En este caso, por ejemplo, se hallan las minas del Volcan (en el cajon de Maipo), las cuales estando situadas en un cerro granítico de diorita, producen minerales enteramente parecidos á los de la costa, sin ningun indicio de plata; mientras que las de San Pedro Nolasco, que se hallan á poca distancia de las anteriores, pero situadas en un terreno segundario, estratificado, dan minerales platosos con plomo, arsénico y antimonio, como son todos los de la *segunda cadena.*

§ 3.º PRODUCTOS DE LAS ARTES.

Los *productos de las artes* que muchas veces se necesita examinar y ensayar por cobre, son los siguientes.

1.º El *cobre rojo* del comercio,

2.º El *cobre negro ó cobre bruto,* no refinado,

3.° Los *minerales calcinados*,

4.° Los *ejes*,

5.° Las *escorias* que provienen de la fundicion de los minerales y de los ejes,

6.° Las escorias que provienen de la refinacion del cobre bruto,

7.° El *sulfato* de cobre del comercio, y el sulfato que se emplea como magistral en la amalgamacion de los minerales de plata.

Cobre refinado.

Cobre rojo del comercio. Es el cobre mas puro que se pueda obtener en una refinacion en grande. El que se puede reducir á hojas muy delgadas, ó estirarse en hilos muy finos, no contiene mas que algun vestijio de hierro ó de plomo; pero aun cuando no tiene ni uno ni otro, su calidad puede ser sin embargo muy variable, lo que se atribuye comunmente á una pequeña cantidad de protóxido de cobre ó de carbon que se halla en el cobre mejor refinado y de la cual es casi imposible librar enteramente este metal. El analísis del mejor *cobre rojo* de Suisa cuyo modo de fabricar se guarda todavia en secreto, ha dado á Berthier:

potasio	0,0038	0,0088
calcio	0,0033	
hierro	0,0017	

Cobre negro, ó cobre bruto del comercio, cobre en barra. Así se llama el cobre que proviene del beneficio inmediato de los minerales ó de los ejes, y no se ha refinado todavia. En este estado se halla todo el cobre en barra que se exporta de Chile, y cuya exportacion pasa ahora de 100,000 quintales anualmente.

Cobre en barra.

La ley del cobre de Chile varia de 88 á 98 por ciento; los obreros distinguen entre las diversas clases de este cobre, uno que llaman *cobre de labrar* y otro, *cobre campanil*: el primero se refina con mayor facilidad, y es mucho mas maleable que el otro. Sin embargo, se puede decir que, en jeneral, el cobre en barra de Chile no contiene ni plomo, ni antimonio, ni arsénico; y por esto debe ser muy bueno para la fabricacion del cobre rojo muy maleable. La ley del cobre que se exporta, pende de la cantidad de hierro que contiene; y su calidad, de una pequeña porcion de azufre y de escoria que se hallan en la barra.

El analísis de diversas barras de cobre que provenian de varios injénios, ha dado por resultado la composicion que sigue:

Nombres de injenios	(1) Culebra	(2) Tamaya	(3) Caren	(4) Andacollo.
Cobre	0,9816	0,9014	0,9809	0,9340
Hierro	0,0008	0,0638	0,0048	0,0460
Azufre	0,0077	0,0033	0,0035	—
Escoria inatacable	0,0046	—	—	0,0006
Calcio	0,0043	0,0040	0,0025	—
Silice jelatinosa	0,0010	0,0080	—	0,0190
Antimonio	indicio	0,0010	—	—
Plata	indicio	—	—	—
Zinc	—	—	—	—
	1,0000	0,9815	0,9917	0,9996

Nombres de injénios	(5) Sapos	(6) Tambill.	(7) Diaguito	(8) Cogotí.
Cobre	0,8961	0,8815	0,9566	0,8694
Hierro	0,0421	0,1057	0,0043	0,0730
Azufre	0,0203	0,0056	0,0081	0,0480
Escoria inatacable	—	—	—	0,0006
Calcio	0,0084	—	0,0021	0,0010
Silice jelatinosa	0,0016	0,0009	—	—
Antimonio	—	—	—	—
Plata	—	—	—	—
Zinc	—	0,0056	—	—
	0,9685	0,9993	0,9711	0,9920

De todas estas barras analizadas, solo las de los números (2) y (6) han sido de la clase del *cobre campanil*, de grano grueso, y con poros, en cuyo interior se veian partes negras de ejo y de escoria; las de los números (1), (3) y (7) eran de calidad superior á las demas. Se advierte que en una misma barra hay siempre partes mas y ménos ricas; y comunmente el hierro, el ejo y la escoria se hallan repartidos de un modo muy desigual; y como á mas de esto, en un mismo injénio, rara vez salen dos fundiciones con cobre de igual ley, es claro que las citadas analisis no pueden acreditar ni desacreditar ningun establecimiento en particular, y solo hacen ver que diferencia notable puede haber en la ley de las barras de cobre que se exportan, y cuales son los elementos que entran en su composicion.

Pasta blanca. Pero, á mas del *cobre en barra* ordinario, que se produce jeneralmente en los mas injénios en Chile, se debe citar el *cobre blanco ó pasta blanca*, que se obtiene de cuando en cuando en algunos injénios, donde se funden los minerales de las minas colocadas mas adentro en la segunda cadena de cerros (§ 2). Esta pasta proviene de que los minerales de esta clase, teniendo en su composicion antimónio y arsénico, producen en la fundicion inmediata una aleacion de cobre, hierro, antimónio y arsénico, que es blanca, quebradiza, y muchas veces contiene plata.—Analizadas dos muestras de esta pasta, dieron

	(1)		(2)
Cobre	0,7501	—	0,813
Hierro	0,0742	—	0,052
Zinc	0,0136	—	—
Antimonio	0,1533	—	0,011
Arsénico	0,0048	—	0,110
Azufre	—	—	0,003
Escoria	0,0040	plata	0,001
	1,0000		0,990

La primera proviene de unos minerales antimoniales de la mina de Quiroga en Illapel; la segunda, del beneficio de minerales de la Mina Grande cerca de Arqueros.

Para sacar de estas pastas el cobre rojo, se necesita someterlas á *la refinacion*, como se hace con toda clase de cobre bruto no refinado.

Minerales calcinados. Todos los minerales sulfurados y los ejes calcinados con el contacto del aire, constan de una mezcla de varios óxidos, sulfatos y subsulfatos. Si la calcinacion es completa, no queda azufre en el residuo; y si se eleva mucho la temperatura, casi no queda ácido sulfúrico.

Ejes. Los *ejes* que provienen del beneficio de los minerales de cobre, son unos subsúlfuros que contienen casi siempre hierro y varios otros metales. Los mas ricos tienen 70 á 72 por ciento de cobre.

Para dar una idea de la composicion de los ejes, citaremos lo siguiente :

	(1)	(2)	(3)
Cobre	0,347	0,155	0,559
Hierro	0,312	0,269	0,188
Azufre	0,237	0,063	0,226
Oxido de cobre	—	0,186	—
Oxido de hierro	—	0,195	—
Acido sulfúrico	—	0,010	—
Escoria	0,089	0,109	0,014
	0,985	0,987	0,987

(1) Eje que proviene de una fundicion cruda del *bronce amarillo* con *metales de color* pobres.—Es un subsúlfuro cuya composicion atómica es $(fCu)^3 S^2$.

(2) El mismo eje (1), calcinado.

(3) Eje que ha salido con el cobre en la fundicion del anterior eje calcinado (2), y mezclado con otros *metales de color*. Es una mezcla de protosúlfuro de cobre Cu^2S y de protosúlfuro de hierro FS.

Las tres muestras provienen del injénio de D. Pedro Dubois en la Higuera.

Escorias de fundicion. Segun Berthier son de dos especies las escorias que provienen de la fundicion de los minerales de cobre. Las mas tienen muy poco óxido de hierro, y otras estan cargadas de este óxido. Las primeras provienen de la fundicion de los minerales oxijenados que no tienen azufre, ó bien de os minerales sulfurados no calcinados; mientras que las otras se producen en la fundicion de los sulfuros de cobre que tienen hierro, como son la pirita de cobre, el cobre morado &c., y de los *ejes* que habian sido calcinados ántes de fundirse.

Cuando se funden con cuarzo ó sustancias muy cargadas de sílice, los minerales sulfurados ó los ejes que habian sido trasformados por la calcinacion en una mezcla de súlfuros y óxidos, se obtienen un silicato de hierro, que constituye las escorias, y un eje en el cual todo el cobre se reconcentra. Repitiendo la misma operacion con el eje, se lo trasustancia en otro todavia mas rico, ó bien en cobre negro. Si no se acierta el beneficio, se carga la escoria con óxido de cobre, ó bien se reduce una parte de óxido de hierro, formando pedazos de hierro, que obstruyen los hornos. Para evitar esto, se deben calcinar los minerales

ó los ejes hasta cierto punto, y tanto ménos cuanto mayor sea la cantidad de hierro que contienen ; porque si se calcinan demasiado, y el mineral tiene poca ley, se pierde mucho cobre en las escorias, y se reduce mucho hierro. A mas de esto, es necesario graduar de un modo conveniente la temperatura ; porque si está demasiado baja, las escorias no adquieren bastante fluidez, y se hallan mezcladas con granallas de cobre ó partículas de eje ; si al contrario, se eleva mucho el fuego, se ha de temer que se reduzca demasiado hierro, y tambien que las escorias, perdiendo una parte de su base, tengan demasiada sílice, y se hagan difíciles de fundir. Se ha observado que en las fundiciones en horno de manga, cuando el mineral atraviesa muy pronto el horno, las escorias aunque muy líquidas, retienen mucho óxido de cobre, porque este no ha quedado bastante tiempo en contacto con el carbon para reducirse : si al contrario la operacion está muy lenta, todo el cobre se reduce, pero al mismo tiempo mucho hierro pasa al estado metálico, las escorias se vuelven pastosas, y el horno se obstruye.

En el método que se observa actualmente en Chile para el beneficio de los minerales de cobre en hornos de reverbero, se distinguen dos especies de escorias, que son : 1.° *las escorias de fundicion por eje y las primeras escorias de la refinacion de los ejes* ; 2.° *las escorias de refinacion*. Las primeras se botan jeneralmente ; y por esto merecen un exámen particular de parte de los fundidores, porque pueden ocasionar pérdidas considerables : las segundas se producen en la fundicion de los minerales ó de los ejes por cobre, y se guardan comunmente para la fundicion de los minerales crudos con los cuales se mezclan ; y en un buen beneficio nada se pierde de ellas. Las unas como las otras, son unos silicatos *multíplices* de hierro, de alumina, de cal &c., con la diferencia de que mientras que las primeras son comunmente muy homojéneas, compactas, de lustre y fractura de vidrio y las mas veces sin ningun indicio de cobre, las segundas son pastosas, y contienen cobre que unas veces se halla en ellas al estado de granalla, otras veces al estado de oxido combinado con la sílice, otras veces en partículas pequeñas de eje diseminado.

Las escorias de fundicion no son siempre atacables por los ácidos ; y contienen muchas veces en su interior pedazos de cuarzo y de mineral crudo diseminado : las de refina contienen el cobre en parte al estado de óxido, en parte al estado de eje, y en mayor parte

al estado metálico, en forma de unos granitos diseminados.

Composicion.

	(1).	(2)	(3)	(4)
Sílice	0,375	0,480	0,440	0,434
Protóxido de cobre	—	—	0,054	—
Cobre	—	—	—	0,148
Protóxido de hierro	0,523	0,374	0,396	0,367
Alumina	0,025	0,040	0,090	0,003
Cal	0,071	0,082	0,022	0,002
Magnesia	—	0,030	—	—
Azufre	—	—	—	0,027
	0,994	1,006	1,002	0,981

(1) Proviene de la fundicion cruda de los minerales piritosos de poca ley en el injénio de D. Pedro Dubois en la Higuera.

(2) Del injénio de D. Carlos Hughes en Manquegua :—no es enteramente atacable por los ácidos, y no muy homojénea ; en parte compacta, de lustre de vidrio, en parte sin lustre, opaca, de color negro, algo porosa.

(3) Escoria que proviene de la fundicion de una mezcla de *metales ricos de color y de bronce*, en el injénio de Pupido : es de color negro parduzco, de poco lustre, muy compacta y bastante homojénea ; no se observa nada en su aspecto exterior que pueda anunciar la presencia del óxido de cobre.

(4) Escoria de *refina* que proviene de la fundicion por cobre de una mezcla de ejes y de *metales crudos* en el injénio de Manquegua : es muy heterojénea, compuesta de partes metálicas de color gris de acero, de otras que son pedregosas, sin lustre, grisáceas, porosas, y de cobre metálico que se halla diseminado en forma de unos granos redondos, pequeños. Esta escoria es de la *última bogadera*, y se vuelve á fundir con los metales *crudos* en las fundiciones que se hacen por eje. El cobre en esta escoria se halla en parte al estado de subsúlfuro, y lo demas al estado de cobre metálico.

Escorias de refinacion del cobre. Estas escorias son las que se producen en la fabricacion del cobre rojo del comercio. Para refinar el cobre, se lo mantiene al estado de fusion completa bajo el viento de un fuelle por mucho tiempo, hasta que adquiera el color y grano del cobre puro. La operacion se hace en unos pequeños hornos pare-

cidos á las fraguas de los herreros, ó bien en hornos de reverbero. En el primer caso, se añade al cobre una cierta cantidad de plomo, y entonces es el litargirio el que sirve de flujo á las materias estrañas que se quiere hacer pasar á la escoria; en el segundo caso, es decir, cuando se refina el cobre en hornos de reverbero, no se anade cosa alguna, y es la sílice del *plan* del horno la que sirve de fundiente á dichas materias.

En ambos casos el viento hace oxidar rápidamente las sustancias estrañas, como el hierro, el plomo, el zinc, el antimonio, con cierta cantidad de cobre; y llegando á cierta época de la operacion, no queda otra cosa mas que cobre puro (con plata si la hay); mientras que los demas metales pasan á la escoria.

SECCION 2.ª

Modos de ensayar.

§ 1.º CLASIFICACION CON RESPECTO A LOS MODOS DE ENSAYAR

Con respecto á los modos de ensayar por *la via seca*, se deben dividir las sustancias que contienen cobre, en cuatro clases, del modo siguiente:

1.ª *Clase.* Sustancias que no tienen ni azufre, ni selénio, ni arsénico, ni metales distintos del hierro: estas son, el cobre nativo, el protóxido de cobre, el deutóxido, los carbonatos, los silicatos y los fosfatos de cobre, *(metales de color)*, la pirita de cobre y el cobre morado completamente calcinados, y diversas escorias que no contienen plomo.

2.ª *Clase.* Minerales de cobre que contienen azufre ó selénio, pero en los que no hay otros metales distintos del hierro: estos son el súlfuro de cobre, el seleniuro, la pirita de cobre, el cobre morado y todos estos minerales conocidos bajo el nombre de *metales de bronce*, crudos ó calcinados en grande; tambien los ejes que provienen del beneficio de estos minerales y los sulfatos.

3.ª *Clase.* Sustancias que ademas del cobre, azufre y hierro contienen arsénico, antimonio y otros metales: tales son el súlfuro ar-

genical, antimonial, estañífero, la burnónia, el arseniuro, los arseniatos, el cobre gris, los ejes que provienen de la fundicion de estos minerales, y las escorias que contienen plomo.

4. ª *Clase.* Diversas aleaciones.

§ 2.º MATERIAS DE LA 1. ª CLASE.

No presentan ninguna dificultad los ensayes de las materias de la 1. ª clase; y se obtienen resultados muy exáctos. Cuando las sustancias no son muy pobres, se ensayan del mismo modo que las materias que contienen plomo al estado de óxido; pero, como el deutóxido de cobre tiene mas oxíjeno que el óxido de plomo, es preciso emplear una proporcion mayor de reductivo. La experiencia ha hecho ver que 3 p. de flujo negro ordinario (3 p. de cremor-tártaro por 1 de salitre) bastan siempre para fundir y reducir la materia; y cuando se emplea el otro flujo, que se hace con borax (5 p. de cremor, 2 de salitre, 1 de borax), bastan 2 p. de flujo para fundir los minerales mas refractarios, pero no siempre para reducirlos. En este caso, se ha de añadir 0,10 á 0,20 (por 1 p.) de carbon bien molido, cuando la sustancia por su aspecto exterior promete mas de 20 por ciento de cobre. *Proporcion de flujo.*

Se toma comunmente para un ensaye de cobre 5 gramos (lo que corresponde como á 200 granos españoles), de mineral ó de cualquiera otra materia cuya *ley* de cobre se quiere determinar; y solo en caso que este mineral ó algun producto de las artes fuese muy pobre (es decir, tuviese ménos de 5 á 6 por ciento) se deberá tomar una cantidad doble ó triple de la anterior. *Cantidad de materia que se ensaya.*

Despues de haber bien mezclado la materia que se ensaya, con el flujo, se coloca la mezcla en el crisol que no debe llenarse sino hasta las tres cuartas partes, se cubre esta mezcla con una lijera capa de flujo puro ó de sal comun; y se calienta el crisol gradualmente durante un cuarto de hora en un horno de calcinacion capaz de producir una temperatura de 50 á 60 pir. Despues de esto, se tapa el crisol con una cubierta, se lo rodea con gruesos carbones, y se adapta al horno con un tubo de aspiracion como de 3 á 4 pies de altura para aumentar el fuego y fundir el cobre. Es inútil prolongar este golpe de fuego por mas de un cuarto de hora, á pesar de que esto no presentaria ningun inconveniente, porque á esta temperatura el cobre *Operacion.*

es casi fijo. En seguida se saca el crisol, se deja enfriar y se quiebra. si el ensaye ha sido bien hecho, se encuentra en el fondo una esferilla de cobre, que no adhiere á las paredes, y se separa muy facilmente de las escorias.

Horno de viento. Cuando el ensaye se hace en un horno de viento, se pueden colocar dos ó tres crisoles en la cuba á la vez : se rodean estos crisoles con carbon, y se echan por encima algunas áscuas : se deja la cuba del horno sin tapa, y el cañon de la chimenea casi cerrado con su plancha, dejando una pequeña abertura para la salida del humo; y se espera hasta que el fuego llegue á la reja. Entonces es preciso destapar los crisoles, y no aumentar el fuego hasta que la sustancia deje de hervir : despues se añade carbon, se cubre el hogar con su tapa, se saca la plancha del cañon de la chimenea, y se da fuego por un cuarto de hora. En todo caso se debe examinar bien el horno que se emplea; y se puede aumentar ó disminuir la temperatura retirando mas ó ménos la plancha, ó dejando por mas ó ménos tiempo el hogar del horno sin tapa. No debe ser muy alta la chimenea de los hornos, que sirven para los ensayes de cobre: una altura de 3 á 4 varas es las mas veces suficiente para fundir 2 ó 3 ensayes á la vez.

Materias pobres.—Las escorias que provienen del beneficio de los minerales de cobre, pueden ensayarse del mismo modo que las materias ricas; pero, cuando contienen solo 2 á 3 por ciento de cobre, no se puede hacer uso del mismo método, porque esta pequeña cantidad de cobre quedaria combinada ó diseminada en el flujo en muy pequeñas partículas. En este caso, si la escoria es atacable por los ácidos, es necesario ensayarla por la *via húmeda*, procediendo como se indicará mas adelante; si es inatacable, ó se ataca dificilmente, es mas cómodo ensayarla como un mineral de hierro, y sacar todo el cobre que se encuentra en la esferilla, analizandola por la *via húmeda*. Las mas escorias de cobre inatacables por los ácidos, se funden muy bien en un crisol de brasca á la temperatura de 150° pir. sin añadir ningun reactivo : sin embargo se facilita mucho la fundicion añadiendo 0,15 á 0,20 de carbonato de cal.

Fundicion con pirita de hierro. Otro método de ensayar las materias pobres en cobre, y que no tienen azufre, consiste en fundir á la temperatura de los ensayes de cobre en un crisol, 20 á 25 gramos de materia (sea mineral oxije-

nado pobre, ô escoria) con 5 a 10 gramos de pirita de hierro comun, muy pura y borax. La operacion se efectua del mismo modo que en la fundicion cruda para ensayar las materias sulfuradas por eje (véase el párrafo siguiente). En esta operacion, todo el óxido de cobre se reduce por el azufre de la pirita, cuyo exceso hace pasar todo el cobre de la materia ensayada al estado de protosulfuro, sobre el cual no teniendo ninguna accion las escorias, resulta que este mismo protosúlfuro unido con el protosulfuro de hierro, forma una esferilla de eje, que queda en el fondo del crisol, mientras que los óxidos y las sustancias pedregosas pasan á la escoria. Se vacia el crisol en un molde, se separa el eje de la escoria, y se ensaya este eje como las materias de la segunda clase.

Observaciones.—Este es el lugar de hacer dos observaciones sobre los ensayes por la via seca en jeneral.

1.ª Observacion.—Un fuego demasiado activo, y prolongado por mucho tiempo, puede causar dos inconvenientes: 1.° con el cobre se puede reducir mucho hierro, y en consecuencia de esto, aumentándose el peso de la aleacion que sale, resultaria una ley demasiado elevada; 2.° cuando los crisoles son porosos (como los mas de Inglaterra) y la corriente del aire es activa, sucede que se quema el exceso del carbon del flujo negro, y se oxida una parte del cobre, la escoria se vuelve roja, y resulta una ley demasiado baja. El primero de estos inconvenientes es, sobre todo, difícil de evitar, cuando se hacen los ensayes en las fraguas de herreria, con gran exceso de flujo negro y con minerales ferrujinosos.

2.ª Observacion.—Habiendo casi siempre en los minerales de esta clase mucho óxido de hierro y a veces óxido de zinc, y estos dos metales pudiendo alearse con el cobre á la temperatura de los ensayes, resulta que el cobre que sale de un ensaye inmediato, puede ser, en muchos casos, cobre impuro, que necesita una refinacion prolija, sin la cual los resultados no serian exactos.—(Para la refinacion del cobre, véanse los ensayes de las materias de la 4.ª clase).

Ensayes por la via húmeda.

Para determinar la cantidad de cobre por la *via húmeda*, se muele bien la materia que se ensaya, y se la ataca con agua rejia hirviendo y conteniendo mucho mas ácido muriático que ácido nítrico, ó mejor, con ácido muriático solo, si este ácido puede obrar eficazmente. Se evapora el licor casi hasta sequedad, y despues, se vuelve á echar un poco de ácido muriático, se añade agua y se filtra, para separar la sílice jelatinosa y todas las sustancias insolubles. Se lava el filtro, y

reunidas las aguas del lavado con la disolucion, se hace precipitar el cobre por el hierro. El método mas cómodo para efectuar esta operacion, consiste en sumerjir en el licor una lámina de hierro bien limpia. Es bueno, ántes de emplear la lámina, quitarle el óxido que se halla en su superficie, por medio de un ácido débil. Se mantiene la lámina en la disolucion hasta que ya no se deponga el cobre. La precipitacion puede efectuarse al frio ó con el calor; pero á la temperatura ordinaria no se concluye la precipitacion sino al cabo de 24 horas, mientras que calentando la disolucion á una temperatura que se acerque á la de la ebullicion del agua, todo el cobre se precipita en una ó dos horas. En el curso de la operacion es preciso mantener la disolucion siempre ácida, lo que se conoce mediante un papel azul de jirasol que se sumerje de cuando en cuando en el licor; y en caso que este papel no cámbie pronto de color, y no se vuelva rojo, es menester añadir ácido muriático ó ácido sulfúrico; porque de otro modo se formaria una subsal de hierro, la cual siendo insoluble, se precipitaria con el cobre. Tomando todas las precauciones convenientes, se obtiene el cobre en hojitas delgadas lijeras, de color rojo y muy puras. Se lava el cobre muy pronto con mucha agua caliente, primero por decantacion, y despues en el filtro, hasta que el agua del lavado no se enturbie añadiendo nitrato de plata. Se comprime el filtro en el papel que absorbe el agua, y se seca con calor inferior á la temperatura de la ebullicion: en seguida se pesa. Si se calienta demasiado, ó si se lava muy lentamente, se oxida sensiblemente el cobre. Algunas veces el cobre precipitado se halla mezclado con unas escamitas de hierro, que provienen de la lámina de hierro por la que se ha efectuado la precipitacion; en este caso el cobre se hace magnético, lo que no sucederia si estuviese puro. Para evitar este inconveniente, es preciso emplear laminas de hierro que no sean muy delgadas, y ajitar de cuando en cuando el precipitado, manteniendo el licor siempre con un exceso de ácido.

Observaciones.—Este método tan sencillo y tan exacto en sus resultados, exije que se tomen muchas precauciones en la práctica, sin las cuales es fácil cometer graves errores: estas precauciones son las siguientes:

Acidos. 1.° *Con respecto á los ácidos.* Aunque todos los minerales oxijenados son atacables por el ácido muriático, se ha de advertir que, habiendo casi siempre en el *comun* de los minerales de esta cla-

se, aun de los *metales de color* mas puros, alguna mezcla de cobre sulfúreo, es menester agregar algunas gotas de ácido nítrico, y hacer hervir despues el licor, para que salga el exceso de este ácido; el cual se necesita tambien para peroxidar el protoxido de cobre, que sin esto pudiera quedarse en parte al estado de protocloruro, cuando se agrega agua á la disolucion muriática. Cuando por falta de ácido muriático se hace uso de ácido sulfúrico, siendo el súlfuro de cobre insoluble en el acido sulfúrico concentrado, se forma mucho residuo blanco, que se pega al vidrio; y puede romperse la botella. Para evitar esto, y completar la disolucion de la materia cobriza, se deja enfriar el ensaye, se agrega agua por pequeñas cantidades, hasta que se disuelva todo el residuo blanco; y se examina el polvo que queda. En todo caso, conviene que se haga hervir el licor, hasta que salgan los vapores amarillos del ácido nítrico que se agrega, á fin de que no quede nada de este ácido, por el cual se podria oxidarse el cobre recien precipitado de sus disoluciones.

2.° *Con respecto al residuo que queda.* En jeneral se ha de hacer hervir el ensaye con los ácidos, y agregar nuevas cantidades de ácido, hasta que la parte *inatacable*, ó el polvo que queda en la botella, se vuelva blanco. Pero sucede muy á menudo, que la *matriz* del mineral, (el criadero) consta de un silicato negro ó una arcilla betuminosa, á veces con grafita, que no puede cambiar de color, por mas que se prolongue la accion de los acidos. En este caso, se considera por concluida esta operacion, cuando al agregar una nueva dósis del ácido, no se percibe ningun efecto en el residuo, el cual, despues de la filtracion y del lavado, se ha de ensayar al soplete, con el borax, á fin de asegurarse que no contiene cobre. Siendo la operacion de evaporar hasta sequedad la disolucion de la materia que se ensaya, algo fastidiosa y sujeta á pérdidas del óxido de cobre en caso que se calentase demasiado el residuo al fin de la evaporacion, se puede en los mas casos omitir esta operacion, con tal que el licor filtrado pase perfectamente claro, y que este licor se mantenga siempre con un exceso de ácido. La evaporacion sin embargo se debe considerar como indispensable en caso que, durante la ebullicion del mineral con ácidos, aparezca á la vista *sílice jelatinosa*, que se pega á las paredes del vidrio, en partículas semi-trasparentes, y la cual ocasiona muchas veces saltos y proyecciones. Se puede tambien (en caso de sospecharse que se haya precipitado un poco de sílice con el cobre durante la reduccion) volver despues á disolver el cobre (ya seco y pesado) en el acido, á fin de ver si da algun residuo de sílice sin disolverse; y en este caso, se ha de recojer este residuo, se lo seca; y su peso se ha de restar del peso del cobre. *Residuo inatacable.*

3.° *Con respecto á la precipitacion del cobre.* Conviene que la disolucion tenga cierto grado de concentracion, para que el cobre se precipite en hojitas delgadas, y no en polvo. Cuando se agrega *Precipitacion.*

demasiada agua el precipitado se halla en un polvo muy fino, liviano, que puede ocasionar pérdidas en el lavado, y se oxida mas facilmente: en este caso aun la precipitacion se hace mas lentamente, y no es completa. Se debe evitar de emplear para esta operacion láminas de hierro demasiado delgadas, ó bien las que no esten perfectamente limpias. Lo mejor es valerse de unas barritas hechas á propósito, que tengan 4 á 5 pulgadas de largo, y 3 á 4 líneas de grueso; se encorvan un poco estas barritas, para que se sumerjan mejor en la disolucion que se vierte para esto en una tasita de porcelana; y se tiene cuidado de que la superficie del hierro esté perfectamente bruñida, sin asperidades. Un poco antes de la operacion, se envuelve esta barrita en un papel, y se la calienta en un baño de arena, á fin de introducir el hierro bien caliente en la disolucion: de este modo se evita que el precipitado de cobre se pegue á la superficie de la barra. No se debe mantener demasiado tiempo la barra en el licor, porque la disolucion se cargaria demasiado con sales de hierro, y seria largo y dificil el lavado. Luego que el licor pierda enteramente su color verde azulado, se limpia la superficie del hierro con un pincel; y si despues de algunos minutos nada se precipita sobre esta superficie, la operacion esta concluida.

Lavado. 4.° *Con respecto al lavado.* Se debe efectuar el lavado con mucha agua casi hirviente. Un ensaye de 30 á 40 por ciento de cobre, aunque no hubiera sino muy poco hierro en la parte estéril, necesitaria 5 á 6 cuartilios de agua. Se principia por lavar por decantacion y de seguida, parandose solo en los intervalos absolutamente necesarios para que se asiente el cobre. Las primeras aguas salen claras, y las que siguen despues, se enturbian y se ponen rojizas, produciendo á veces unos copos pardos, que en parte sobrenadan, y en parte se mezclan con el precipitado del cobre. Resulta esto de la facilidad con que se descomponen las disoluciones de las sales del hierro en unas sales ácidas que quedan en el licor, y otras *subsales* que se precipitan. Mientras la disolucion queda ácida, como sucede siempre al principio del lavado, esta descomposicion no se verifica; pero despues, cuando el licor se halla casi neutro, las aguas se enturbian, y entonces se deben decantar éstas mas pronto que anteriormente; y se agregan algunas gotas de ácido muriático, á fin de que la dicha *subsal de hierro* se vuelva á disolver. Es menester prolongar el lavado por decantacion, y agregar gotas de ácido, hasta que las aguas del lavado se vuelvan perfectamente claras, y no se enturbien mas; despues se llena todavia unas dos veces la tasa con agua hervida, á fin de quitar todo el exceso de ácido; y se pasa el precipitado de cobre en un filtro redondo, llano, doblado solo en tres partes.

Operacion de secar. 5.° *Con respecto á la operacion de secar.* Para que el polvo no adhiera al papel, es preciso evitar de recojer este polvo en el filtro ántes de lavar bien el cobre, y quitarle todo el ácido por decanta-

cion. Despues se saca el filtro del embudo, se exprime lentamente entre el papel secante (papel de José) sin apretarlo mucho; y se ha de secarlo á una temperatura de 60 á 80° cent., evitando de apretar el filtro con los dedos. Se debe prolongar esta operacion hasta que el filtro con el cobre deje de disminuir de peso; y se debe pesar el polvo todavia caliente. De este modo, el polvo se aglomera, y se separa con la mayor facilidad del papel sin dejar nada en su superficie. Cuando la cantidad del polvo es considerable, por ejemplo 2 á 3 gramos, es bueno ponerlo, despues de haberlo secado, en una pequeña cápsula de porcelana, desagregar este polvo con un tubito de vidrio seco, y continuar á secar, siempre con la misma temperatura, que no debe ser ni demasiado elevada, porque so oxidaria el cobre, ni demasiado baja, porque quedando por mucho tiempo el cobre húmedo con el contacto del aire, absorberia tambien oxíjeno.

Compensacion de los errores.

Con todo esto, es dificil evitar que una pequeña cantidad de cobre pase al estado de protóxido: pero este aumento del peso se compensa con una pequeña pérdida del metal, que queda en la disolucion sin haber podido precipitarse por el hierro.

Fundicion del cobre precipitado

Se puede tambien, para mayor seguridad, fundir este polvo con flujo negro, á fin de recojer el cobre en una sola esferilla sin ninguna mezcla de óxido. Pero, es de advertir que, en este caso, se ha de agregar un gran exceso de flujo ordinario, y poner por encima de la mezcla una capa de flujo, de sal marina ó de cremortártaro, y verificar la fusion pronto en un crisol tapado; y aun con estas precauciones, dificilmente se evita que resulte una pérdida de metal que llega á veces á 1 ½ por ciento, y se percibe sea en el color rojizo que toma el interior del crisol, sea en el color que dan al vidrio del borax las escorias ensayadas al soplete.

Ensaye por el hidrójeno sulfurado.

Se puede tambien obtener el cobre de un modo todavia mas exacto, precipitandolo por el hidrójeno sulfurado. Con este reactivo se puede reconocer la existencia aun de muy corta cantidad de cobre en un licor; y, por esto, se hace uso del hidrójeno sulfurado para examinar las materias muy pobres. Es preciso disolver la sustancia que se ensaya, en un ácido, y pasar por la disolucion una corriente de gaz hidrójeno sulfurado, el que se prepara por medio de protosúlfuro de hierro, agua y ácido sulfúrico en una botella á la que se adapta un corcho atravesado por un tubo corvo. Este tubo sirve para introducir el gaz en la disolucion; y formado que esté el precipitado, se recoje el súlfuro en un filtro, se lava con agua que contenga en disolucion un poco de hidrójeno sulfurado, y se seca. Despues se calcina este súlfuro con el contacto del aire en una cápsula de platina ó de porcelana: se lo pone en seguida en un crisol de platina para aumentar el fuego,

y descomponer el sulfato; y si la cantidad de residuo no es considerable, se considera como deutóxido puro.

§ 3.º MATERIAS DE LA 2.ª CLASE.

Las materias de esta clase son unos súlfuros ó sulfatos. Examinemos primeramente estos últimos.

Sulfatos. Los sulfatos de cobre dan con el flujo negro cobre rojo perfectamente puro; pero en la escoria queda siempre cierta cantidad de súlfuro doble de cobre y de metal alcalino. Puesto que los sulfatos de cobre se descomponen totalmente por el calor, un método seguro y muy cómodo de ensayarlos, consiste en calcinarlos en un crisol de platina al calor albo, hasta que ya no se exhale ningun olor de ácido sulfuroso. El residuo se compone solo de óxidos, y fundiéndolo con 3 veces su peso de flujo negro, se extrae todo el cobre en el estado metálico.

Fundicion por crudo.

Súlfuros. Se ensayan las materias que contienen súlfuro de cobre, por eje, ó bien por cobre. El ensaye por eje es lo que se llama *fundicion cruda* (fonte crue), y tiene por objeto determinar la proporcion de los súlfuros y la del criadero que hay en un mineral de cobre: por consiguiente, por este ensaye se determina la cantidad de eje que se puede extraer de un mineral en grande, mediante una *fundicion cruda*, es decir, en la primera fundicion del mineral sin haberlo calcinado.

Es muy sencillo y fácil el ensaye por eje: consiste en fundir el mineral con un reactivo que facilite la fundicion del *criadero* sin ejercer ninguna accion sobre los súlfuros. Ningun flujo llena mejor estas condiciones que el borax. *Todas las sustancias se funden bien con un peso igual al suyo, de borax vitrificado á la temperatura de* 60º p. En esta clase de ensayes pueden emplearse los crisoles de tierra sin carbon; pero entonces es preciso tomar precauciones para recojer el eje, y no perder nada: lo que no es fácil de verificar, porque el eje es muy quebradizo, y comunmente adhiere á las paredes. Se evita este inconveniente empleando crisoles de brasca; y aun no se puede hacer de otro modo, cuando se ensaya una materia muy pobre. Si se quiere emplear los mismos flujos, que se usan en grande, es decir la cal, el óxido de hierro, el cuarzo, es preciso hacer el ensaye en un crisol de brasca con el calor de 150 p., procediendo del mismo modo que para hacer ensayes de hierro.

Es útil advertir que, en todo caso los súlfuros que constituyen el eje, se hallan al *minimo* de sulfuracion, mientras que en el mineral se hallan muchas veces unos persúlfuros. En este caso, se sublima cierta cantidad de azufre durante la fundicion; y por consiguiente no se puede deducir el peso del criadero del peso del eje.

Para determinar la proporcion del criadero, mejor es ensayar el mineral por la via húmeda; y para esto, es preciso reducir á polvo el mineral, y atacarlo por el ácido acético. Este ácido no puede disolver sino las partículas de criadero, que constan de carbonato de cal. Despues se lava, se seca, se pesa el residuo, y se vuelve á atacarlo por el agua réjia, la cual corroe y disuelve los súlfuros, dejando cierta cantidad de azufre en el residuo. Se recoje este en el filtro, se lava, se seca, y se calcina con el contacto del aire para quemar el azufre: restando el peso de este residuo que es inatacable por los ácidos, y el peso de carbonato de cal que se ha determinado por medio del ácido acético, del peso total del mineral que se ha ensayado, se deduce el peso de la parte metálica del mineral. En fin, combinando este método con el anterior que se hace por la via seca, para determinar la cantidad de eje, se adquiere el conocimiento exacto de la naturaleza del mineral.

Ensayes por cobre.

El ensaye por cobre de una sustancia que contiene súlfuros, exije necesariamente que se lo calcine con el contacto del aire; y esta operacion se debe hacer con tanto cuidado, que despues no quede en el residuo de la calcinacion ni azufre ni ácido sulfúrico; porque en el caso contrario, fundiendo este residuo con un flujo reductivo, las escorias retendrian cierta cantidad de cobre. De todos los procederes que se han intentado emplear, es el único que dé resultados exactos.

Calcinacion de los súlfuros.

La calcinacion con el contacto del aire del súlfuro de cobre puro ó de súlfuros dobles de cobre y hierro es una operacion fácil de ejecutar: la única precaucion que exije, es templar el calor durante algunos instantes para evitar la aglomeracion; pero, luego que se produzca una corta cantidad de óxido, se lo puede calentar hasta el rojo naciente sin temer este inconveniente. Se debe ajitar continuamente la materia, á fin de presentar al contacto del aire todas las partículas sucesivamente. Cuando ya está un poco adelantada la calcinacion, es bueno elevar de cuando en cuando la temperatura hasta el calor rojo vivo, para hacer obrar los súlfuros sobre los sulfatos, y operar una descomposicion recíproca. En fin, cuando haya cesado enteramente la

exhalacion del ácido sulfuroso, se tapa el crisol, se echa por encima un poco de carbon, y se adapta el tubo de aspiracion, á fin de mantener el residuo en el calor albo por algunos minutos, para descomponer hasta las últimas partículas del sulfato. Cuando la calcinacion ha sido completa, fundiendo despues el residuo con 2 á 3 veces su peso de flujo negro, se extrae casi todo el cobre al estado metálico, y el hierro queda diseminado en la escoria, en parte al estado de óxido, y en parte al estado metálico muy dividido. Si al contrario la calcinacion se hubiese mal ejecutado, adhiere á la esferilla de cobre un poco de eje, que se reconoce por su color y contextura; y la escoria queda con azufre reteniendo cobre en combinacion.

Calcinacion.

OBSERVACIONES. Entre los minerales de esta clase, hay unos que se calcinan mas facilmente que otros. En jeneral, los que constan de óxidos y de súlfuros (por ejemplo, los de la clase de metales acerados) son tan fusibles, que es casi imposible evitar la fusion en el momento en que principia su calcinacion, si no se mezclan de antemano con un poco de carbon molido. Hay otros, particularmente algunos de pirita cobriza de poca ley, mezclados con sulfato de cal y arcilla, que se calcinan con la mayor dificultad; y solo despues de una larga calcinacion y despues de haber elevado repetidas veces la temperatura, mezclando el residuo con carbon, tapando el crisol, y dando golpes de fuego, se logra obtener, en la fundicion con los flujos, una esferilla de cobre sin ningun indicio de eje.

Pero, de cualquier modo que se haga la calcinacion, y despues la fundicion del ensaye, es de advertir que rara vez el cobre sale puro, sin ninguna mezcla de hierro. La cantidad de este último en jeneral es tanto mayor, cuanto menor es la ley de cobre del mineral, cuanto mas refractario es su criadero, y cuanto mas se prolongan las dos citadas operaciones. Para probar lo dicho, citaremos unos dos ejemplos.

Cobre del ensaye.

1.° Un mineral del Huasco Bajo de la mina de La Quebradita, compuesto de pirita cobriza de color amarillo pálido, mezclada con yeso, cuarzo y arcilla, presentó dificultades muy grandes en la calcinacion. Despues de repetidos ensayes en que el cobre salió siempre rodeado de eje, se logró obtener una esferilla del metal sin ningun vestijio del eje.

5 gramos de mineral dieron 1,50 de cobre.

Este cobre tenia un color rojo obscuro, se achataba debajo del martillo; pero no se podia estirar en hojas delgadas. Para analizar este metal, se disolvió en agua réjia, despues se precipitó el cobre por el hidrójeno sulfurado; y se examinó el licor que resultó de la separacion del súlfuro. En este licor, agregando amoniaco, se encontró 0,86 de peróxido de hierro, lo que corresponde á

0,59 de hierro; y realmente, 5 gr. del mismo mineral ensayados por la via húmeda, dieron 0,93 de cobre puro.

2.º Un mineral de la mina del Alto en el Rincon (Choros Altos), compuesto de una mezcla de pirita cobriza, de oxidò negro y subsulfato de cobre, con criadero algo parecido al anterior, dio en un ensaye por la via seca:

[illegible] de 5 gr. de mineral—2,gr018 de cobre.

Estos 2,018 de cobre analizados como ántes, dieron 0,076 de hierro; y por consiguiente la verdadera ley del mineral era $38\frac{8}{10}$ por ciento, y no $40\frac{3}{10}$.

Estas observaciones manifiestan que los ensayes por la via seca no pueden inspirar una confianza y seguridad perfecta, si el cobre que resulta de ellos, no se somete á una operacion particular, que se llama *refinacion*, y de la cual se tratará en el párrafo 5.º, hablando de las aleaciones.

Cuando las materias de la 2.ª clase tienen muy poca ley, y están cargadas de hierro, las escorias que resultan del ensaye, son siempre *pastosas*; y por mucho cuidado que se tome, quedan algunas granallitas de cobre cuyo peso se eleva algunas veces de 2 á 3 por ciento. Se puede minorar esta pérdida, añadiendo al flujo negro cerca de 1 p. de borax, para hacer las escorias mas líquidas; pero, es preferible en este caso extraer el cobre por la via húmeda, disolviendo el mineral en agua réjia, y precipitando el cobre por el hierro. Aun mucho mas cómoda es la *via húmeda* para ensayar todos los minerales de la 2.ª clase; y es tanto mas preferible á la *via seca*, cuanto que los antiguos docimasistas, que tenian mucha predileccion por la via seca, aconsejaban sin embargo muchas veces de emplear la via húmeda para ensayar los minerales piritosos (*).

(*) Esta es la opinion del Sr. Berthier, bajo cuya inspeccion se ha introducido en el laboratorio de la Escuela Real de Minas en Paris, el método de ensayar las materias de cobre por la via húmeda, hace muchos años. El mismo método se ha adoptado en el Colejio de mineria en Fahlun (en Suecia) por Sefstroem; y en Inglaterra empiezan ya á dar gritos contra el antiguo método de ensayar por la via seca, que todavia prevalece en Cornwall. Uno de los sabios de aquel pais, de la Beche en su obra, la geolojia de Devon y Cornwall (economic geology of Devon and Cornwall) hablando del ramo de la mineria en Cornwall, dice: "the mode of assaying copper ores, is usually conducted in a somewhat rough manner, and accurate results can scarcely be expected from it. Indeed, chemistry has made but little progress among the assayers in Cornwall."—Véase Bulletin of the proceedings of the National Institution for the promotion of science. Washington 1841—p. 55.

§ 4.ᵒ MATERIAS DE LA 3.ᵃ CLASE.

El ensaye de las materias de esta clase se hace del mismo modo que el de las materias de la segunda. Se calcina el mineral con el contacto del aire, y en seguida se funde con 2 á 3 partes de flujo negro. Se separa de este modo todo el azufre y una parte del arsénico; pero no se obtiene cobre puro, porque en la fundicion con el flujo, retiene este metal todos los metales que habia en el mineral, con cierta cantidad de arsénico. Para purificar el cobre, se lo somete á una operacion, que se llama *refinacion*, y la que se describirá, cuando se trate de los ensayes de las materias de la 4.ᵃ clase.

Calcinacion. La calcinacion de las materias de esta clase exije algun cuidado, por causa de que comunmente son muy fusibles, sobre todo, cuando contienen plomo. Sin embargo, no es difícil evitar la aglomeracion del plomo, templando el fuego al principio, y no elevandolo mas que lo necesario para que se exhalen el ácido sulfuroso y el ácido arsenioso. Al fin de la operacion se puede aumentar el fuego para descomponer los sulfatos, pero siempre con gran cuidado de no efectuar ni la fundicion ni el ablandamiento de la materia. Es de advertir que de ningun modo se debe activar el fuego, cuando la materia contiene mucho plomo.

Fundicion cruda. Se necesita algunas veces someter los minerales á una fundicion inmediata (cruda) ántes de calcinarlos con el contacto del aire. De este modo todos los súlfuros se reducen al menor grado de sulfuracion, y se volatiliza gran cantidad de arsénico: resulta de esto que, si despues se somete el residuo á una calcinacion con el contacto del aire, esta operacion se efectua mas pronto y mas facilmente, porque el mineral perdiendo una parte de su azufre y arsénico, se hace ménos fusible. Esta fundicion inmediata debe ejecutarse en un crisol de brasca, añadiendo cierta cantidad de borax; y es útil efectuarla con la temperatura mas elevada posible. Conviene tambien emplear crisoles de brasca para reducir el residuo de la calcinacion; y en este caso se puede, en lugar del flujo negro, emplear carbonato de sosa, añadiendo un peso de esta sal igual al peso del residuo. Haciendo uso de los crisoles sin brasca, sea para la fundicion inmediata, sea para la reduccion, sucederia que, si la aleacion fuese muy quebradiza (lo que sucede comunmente), se partiria en pedazos al momento de despegarla del crisol; y con esto se podria perder una parte de la sustancia.

Materias sulfo-arsenicales y sulfo-antimoniales.—Las materias de esta clase dan con el carbonato de sosa ó con el flujo negro, ejes y unos arseniuros ó antimoniuros, pero jamás cobre metálico : pueden sin embargo producir una cierta cantidad de cobre, cuando se funden con salitre.

Arseniuros. Sometiendo cualquiera arseniuro de cobre á la calcinacion, se desarrolla ácido arsénico, y se forma óxido de cobre y arseniato de cobre. Aumentando de cuando en cuando la temperatura ántes de concluirse la operacion, sucede que el arseniato recien formado y el arseniuro que queda todavia sin calcinarse, obran uno sobre otro, y se sublima ácido arsenioso. En fin, cuando todo el arseniuro se ha transformado en arseniato mediante la calcinacion, si se agrega entonces carbon en polvo, y se da fuego, se desarrolla todavia ácido arsenioso, y con él se libra el mineral de la mayor parte de su arsénico; pero el residuo retiene siempre un poco de esta sustancia, y fundido este residuo con flujo negro, se obtiene cobre quebradizo, impuro.

Ensaye por la via húmeda.—Se puede determinar la ley de cobre de las materias de esta clase por la via húmeda ; pero la operacion no es tan sencilla como para las materias de la 2.ª clase. Es preciso disolver el mineral en agua réjia, añadir agua, echar en el licor un exceso de amoniaco, filtrar y lavar el precipitado con agua á la que se añade un poco de amoniaco, hasta que el agua del lavado cese de tomar el color azul. Estando entonces disuelto en el amoniaco todo el cobre, se hace hervir la disolucion para expeler el exceso de amoniaco, se sobresatura el licor con el ácido muriático ó ácido sulfúrico, y se precipita el cobre por una lámina de hierro, del mismo modo que en los ensayes ordinarios por la via húmeda. Tenemos sin embargo que advertir que, aun en este caso, el cobre que se obtiene, no es puro, sino cuando la sustancia sometida al ensaye, no tiene arsénico. Si el mineral contiene plata, este metal produce un precipitado blanco de cloruro de plata, cuando se disuelve el mineral en el agua réjia : entonces se debe filtrar el licor ántes de precipitarlo por el amoniaco.

§ 5.º MATERIAS DE LA 4.ª CLASE.

Las materias de esta clase son unas aleaciones que provienen sea *Via húmeda.*

de algunas operaciones metalúrjicas en grande, sea de los ensayes de las materias de la 3.ª clase. Se determina su ley por la via húmeda ó por la via seca. se procede por la via húmeda del mismo modo que se acaba de decir; y cuando se ensayan por la via seca, la operacion se llama *refinacion.*

Via seca. La refinacion es análoga á la copelacion, ó mas bien, es una verdadera copelacion de cobre hecha con el intento de separar todos los metales que están aleados con el cobre, y son mas oxidables que él. No se obtiene el cobre puro en esta operacion, ni tampoco se determina la ley sino aproximativamente. Sin embargo, es de mucha utilidad; porque siendo análoga á la refinacion que se practica en grande, se puede determinar de este modo la cantidad de cobre puro, que se pueda extraer de una aleacion por los procedimientos metalúrjicos.

Horno. La refinacion del cobre se hace en un horno de copelacion; pero, como exije una temperatura elevada, es necesario hacer uso de un horno bastante grande, y que produzca una corriente de aire muy activa. Algunos ensayadores aconsejan de activar el fuego con el viento de un fuelle dirijido bajo la reja; pero esta disposicion que es incómoda, no es necesaria. Siendo bien construido el horno, basta adaptar un tubo de 3 á 6 pies de altura para producir el grado conveniente de temperatura, sobre todo, valiendose de *cok* por combustible. *Vasos.* Los vasos en los que se coloca el cobre, son unas tasas muy chatas, ó bien copelas: comunmente se emplean estas últimas.

Operacion. Es preciso calentar el horno gradualmente; y cuando ya está al *máximo* del calor y las copelas bien calientes, se introduce en ellas el cobre, y se tapa la abertura de la mufla por algunos minutos con gruesos carbones encendidos. Fundido el cobre, se retira una parte de estos carbones, y se pone en las copelas cierta cantidad de plomo, si esto se cree necesario. Entonces principia la refinacion. El plomo, los metales aleados y una parte de cobre se oxidan, y forman una combinacion fusible, que se lleva á la circunferencia del boton metálico, y que la copela absorbe en parte. El boton se pone como ajitado con un vivo movimiento de rotacion, y está continuamente cubierto de una película brillante y de varios colores. En el momento de terminarse la refinacion, el movimiento se hace mas vivo y la película mas brillante: de repente cesa el movimiento, la película de-

saparece, y el boton se pone obscuro, y se solidifica: estos fenómenos constituyen lo que se llama *relámpago*. *Relámpago.*

Luego que el relámpago ha aparecido, la operacion está concluida, y se pueden sacar de la mufla las copelas. El boton refinado es siempre cubierto de una lijera costra de protóxido de cobre, la que no se podria despegar sin dificultad, si el metal se dejase enfriar lentamente; pero sumerjiendo la copela en agua al momento de sacarla del horno, se consigue quitar enteramente este óxido con la ayuda del martillo. Sin embargo, se prefiere jeneralmente salpicar el boton con borax vitrificado (en la proporcion como de 7 por ciento) inmediatamente despues del relámpago, para quitar todo el óxido: entónces basta sumerjir la copela todavia caliente en el agua para que la costra del borato de cobre que se ha formado, se despegue con el primer golpe del martillo. No se considera el cobre como bien refinado, sino cuando es perfectamente maleable y de un rojo puro. *Borax.*

No basta, para determinar la proporcion de cobre, pesar el boton obtenido, puesto que una parte del metal ha quedado en estado de óxido, sea con los otros óxidos metálicos, sea con el borax. Se admite por aproximacion que esta parte de cobre oxidado forma la 11.ª parte de la aleacion que se ha escorificado, es decir, de la pérdida que experimenta la aleacion que se habia sometido á la refinacion, y del plomo que se habia añadido: á mas de esto, se admite que la cantidad del cobre absorbido por el borax al estado de óxido, es igual á la 7.ª parte del borax con que se ha salpicado el boton refinado: pero estos datos no son rigorosos, porque la cantidad de cobre que pasa en las escorias, varia segun la naturaleza de los metales escorificados, segun la temperatura del horno, y segun otras circunstancias que todavia no se conocen bien. *Cálculo.*

Las aleaciones de cobre que se someten á la refinacion, pueden contener ó no contener plomo. Cuando no lo contienen, se añade $\frac{1}{10}$ de su peso de plomo, y se repite esta adicion hasta que el boton esté perfectamente puro. Para calcular la cantidad de cobre, se añade al peso del boton obtenido, la 11.ª parte del peso de todos los metales oxidados: comprendiendo en este peso el plomo, y la 7.ª parte del peso del borax empleado. *El plomo que se añade.*

Cuando el cobre aleado contiene plomo, puede suceder ó que contenga lo necesario para que la refinacion pueda hacerse sin añadir *Cobre plomizo.*

nada, o que no contenga bastante, ó por último, que contenga demasiado. En el primer caso, no hay nada que añadir : en el segundo, se añade plomo por decimas partes, hasta que el cobre quede puro : en el tercer caso, en vez de añadir plomo, se introduce en la aleacion fundida un peso determinado de cobre rojo (puro); y se ejecuta la refinacion del modo ordinario, haciendo las correcciones, y deduciendo de la cantidad del cobre obtenido la cantidad de lo que se ha añadido.

Refinacion comparativa. Se puede determinar la cantidad de cobre contenida en una aleacion, sin hacer ninguna suposicion sobre la cantidad de cobre que se ha escorificado por el plomo, ejecutando la refinacion del modo siguiente. Se ponen en dos copelas colocadas, una al lado de la otra, en una mufla bien caliente, 4 partes de plomo puro : en seguida, luego que el baño esté descubierto, se pone en una de las copelas 1 parte de cobre rojo y en la otra 1 parte de la aleacion que se quiere ensayar. Se ejecutan las dos refinaciones por el proceder ordinario, y se pesan los botones obtenidos : el que proviene del cobre puro, pesa mas que el otro : se supone qne la diferencia de los pesos representa la cantidad de metales estraños que contenia el cobre aleado, y por consiguiente, que la cantidad absoluta de cobre oxidado es la misma en cada copela : en seguida, es preciso añadir al peso del boton extraido del cobre aleado, la pérdida que ha experimentado el cobre rojo, para conocer la proporcion de cobre contenida en la aleacion. Esta suposicion no es exacta ; y es probable que se aproximaria mas á la verdad, añadiendo al peso calculado, como se acaba de decir, la 11.ª parte del peso de los metales aleados ; pero, cuando la aleacion es de mucha ley, esta correccion es de poca importancia.

Plomo aleado con poco cobre. Por lo que respecta al plomo que contiene un poco de cobre, se copela al mismo tiempo 1 parte de cobre rojo con 4 partes de plomo y otra parte de cobre puro con 4 partes de este plomo que contiene una pequeña proporcion de cobre cuya ley queremos determinar. El segundo ensaye produce mas cobre que el primero ; y la diferencia de peso de los dos botones obtenidos equivale poco mas ó ménos á la cantidad de cobre contenido en el plomo.

Laton y bronce. Las aleaciones de cobre que contienen mucho zinc ó estaño, no se pueden ensayar por la refinacion, porque estos metales forman escorias infusibles, que encierran el boton, y se oponen á la accion del aire : es necesario ensayar esta clase de aleaciones por la via humeda.

Observaciones. —Algunos ensayadores, en lugar de emplear para la refinacion del cobre hornos de copela, efectuan la misma operacion en crisoles, y emplean para esto un flujo *oxidante*, cuya composicion hacen variar segun la naturaleza de la materia. (Se usa por ejemplo un flujo que consta de 3 partes de salitre, 2 partes de cremor-tártaro bruto y 1 parte de sal comun). Empiezan por fundir el cobre en un crisol lo mas pronto posible; y luego que está fundido, lo salpican con el citado flujo, lo vuelven á fundir, y lo vacian en un molde. Examinado bien el cobre, si no tiene todavia el color y la maleabilidad del cobre puro, lo vuelven á someter á la misma operacion anterior; y la repiten hasta que se obtenga un boton, que por su aspecto y sus propiedades físicas manifieste la apariencia del metal perfectamente puro. Se entiende que, como en todas aquellas fundiciones, con los metales estraños que se oxidan, se oxida tambien una parte del cobre, y este cobre se halla absorbido por la escoria, los ensayadores tienen cuidado de recojer todas las escorias que provienen de la refinacion de cada ensaye, y las vuelven á fundir con flujo negro en el mismo crisol, á fin de recojer el cobre que se ha perdido, y de añadir este cobre al boton perfectamente refinado. Pero es claro que, si en la primera fundicion con flujo negro (como sucede en los ensayes por la via seca) ha habido metales extraños que reducidos por este flujo, se hayan unido con cobre, lo mismo ha de suceder en la fundicion con flujo negro de las escorias de la refina: solo en este caso el aumento del peso (por estos metales) se compensa con las perdidas del cobre que se verifican en las fundiciones repetidas, principalmente, por lo que se pega á las paredes del crisol; y el resultado no puede ser mas que el resultado de diversos errores é inexactitudes, que pueden dar mucha latitud á la parcialidad y al capricho de los mismos ensayadores. *Refinacion en los crisoles.*

Agregaremos á esto que todo método de refinacion por la via seca, á mas de ser aproximativo, largo y complicado, tiene el inconveniente de pender enteramente de la rutina, de una practica larga y laboriosa, que á la simple vista (tan incierta y engañadora) hace opinar si el cobre es puro, ó tiene un medio, uno ó dos por ciento de metales *extraños*.

Via húmeda.—Para completar lo que se refiere á este capitulo, es menester añadir algunos métodos por la via húmeda, que con provecho se puedan emplear por los ensayadores familiarizados con las manipulaciones químicas, para el exámen del cobre que proviene de los ensayes por la via seca como tambien para el exámen de cualquiera otra aleacion de cobre.

Cobre alcado con hierro y zinc.—Se disuelve en el ácido muriático, agregando por pequeñas cantidades ácido nítrico; y despues se precipita el cobre por el hierro, como ántes &c. *Cobre aleado con hierro y zinc.*

O bien, se disuelve esta aleacion en el ácido nítrico, se evapora el licor casi hasta sequedad; y despues de haber agregado mucha

agua, se lo satura con hidrójeno sulfurado ; se filtra, y recojido el precipitado en el filtro, se lo ensaya por cobre por el método ordinario por la via húmeda : miéntras que la disolucion que se habia saturado con el hidrójeno sulfurado, se evapora hasta sequedad, se vuelve á disolver el residuo en el ácido muriático, y se añade un exceso de amoniaco. Por este reactivo se precipita el hierro, si lo hay ; se separa este precipitado por filtracion, se seca, se calcina, y por el peso del peróxido que se obtiene, se sabe cuanto hierro habia. Ahora, haciendo hervir el licor amoniacal que quedó despues de la última filtracion, y agregando á este mismo licor carbonato de potasa ó de sosa, se obtiene precipitado blanco de carbonato de zinc, el cual, (despues de haberlo secado y calcinado) convertido en óxido de zinc, indicará por su peso, cuanto zinc habia.

Cobre con antimonio y estaño.

Cobre aleado con antimonio ó con estaño.—Se ataca por el ácido nítrico puro, se evapora hasta sequedad, y se calienta un poco el residuo seco : despues se lo humedece con el mismo ácido, y se deja dijerir en este estado el todo por un par de horas. En seguida, se agrega mucha agua, y se filtra : el licor filtrado se puede trasformar en una disolucion muriática, para precipitar despues el cobre por el hierro ; ó bien, se puede precipitar el cobre de la disolucion nítrica muy desleida al estado de súlfuro, por el hidrójeno sulfurado ; y se ensaya este súlfuro por la via húmeda, como ántes. Del mismo modo se pueden ensayar el cobre gris antimonial, cuando no tiene arsénico, y el súlfuro doble de cobre y estaño.

Cobre con arsénico.

Cobre aleado con arsénico.—Se disuelve en el agua réjia con exceso de ácido muriático : se deslie el licor con mucha agua ; y se pasa por este licor *al frio,* hidrójeno sulfurado. Luego que el precipitado negro que se forma, principie á posarse, y empiece á aparecer otro que es amarillo, se filtra el licor lo mas pronto posible, y se lava con agua saturada con hidrójeno sulfurado, á la cual se agregan algunas gotas de amoniaco. Con esta agua se prolonga el lavado, hasta que el licor que atraviesa el filtro, deje de producir precipitado amarillo, agregandole un ácido. Concluido el lavado, se puede ensayar el súlfuro negro de cobre, que queda en el filtro, por cualquiera método, por la via seca ó por la via húmeda.

Cobre con plomo.

Materias que contienen plomo.—Se introducen 5 gramos de esta materia reducida á polvo muy fino, en una botella ; y se echa encima una onza de ácido sulfúrico. Se hace hervir el licor ; y cuando se ve que se ha disuelto la materia, se agregan unas 20 gotas de ácido sulfúrico ; y se deslie el todo en una cantidad como de un cuartillo de agua hirviendo. Se filtra, y se introduce la barrita de hierro para precipitar el cobre &c. Cuando la materia no es atacable por el ácido sulfúrico, es necesario echar un poco de ácido nítrico ó de agua réjia sobre el residuo seco, antes de agregar la segunda dósis de ácido sulfúrico.

CAPITULO 7.

PLOMO.

SECCION 1.ª

Minerales y productos de las artes.

§ 1.º ESPECIES MINERALES.

Las especies minerales de plomo pueden clasificarse del modo siguiente:

1.ª *Clase.*—Minerales oxijenados.	los óxidos, el oxicloruro, el carbonato, el sulfato-carbonato, el cloro-carbonato, el aluminato.
2.ª *Clase.*—Minerales sulfurados, seleniados y telurados.	el súlfuro simple (galena), los súlfuros dobles, los súlfuros multíplices, el sulfato, los seleniuros y los teluros.
3.ª *Clase.*—Minerales fosforados y arseniados.	los cloro-fosfatos, cloro-arseniatos, el arseniuro.
4.ª *Clase.*—Minerales de ácidos metálicos.	los cromatos, el tungstato, el molibdato, el vanadiato.

Los óxidos de plomo, el protóxido y el minio son muy raros, acompañan al carbonato de plomo de cuya descomposicion provienen, y se parecen al litargirio y al minio artificiales.

El oxicloruro tambien es raro: tiene un color amarillo de paja; es frájil; se disuelve en ácido muriático con una lijera efervescencia.

El carbonato es bastante comun, y constituye los verdaderos minerales, que se benefician por plomo. Las mas veces está acompañado con la galena. Ordinariamente es blanco, trasparente, de un lustre de diamante; cristaliza en prismas tetraedros ó en agujas—su p. es 6,72 á 7,24. Algunas veces tiene un color negro tanto en la superficie como en el interior del mineral. Al soplete, chisporro-

tea, se pone amarillo, y se trasustancia en protóxido, fundiendose con mucha facilidad.

Su composicion—óxido de plomo 0,835—(plomo 0,775)
ácido carbónico 0,165
———
1,000

Mucahs veces está acompañado con el óxido de zinc. Esta especie mineral se halla abundante en las mas minas de plomo en Chile, y siempre en la parte superior de las vetas. Sus compañeros en este pais son el arseniato de plomo, el carbonato azul de cobre, á veces el carbonato verde de cobre, el molibdato, la calamina &c. : en cuanto á su ley en plata, véanse los minerales de plata, en el capítulo siguiente.

Los sulfato-carbonatos son muy raros ; cristalizan en prismas ó en agujas, tienen brillo de diamante ; sin color, trasparentes.

El cloro-carbonato tambien muy raro, se parece á las especies anteriores ; es blando, se deja cortar con el cuchillo.

El aluminato ó plomo agomado se parece mucho á la goma—no se encuentra cristalizado. Al soplete se hincha, hierve, pero no se funde completamente : con el nitrato de cobalto toma el color azul. —Es raro.

Galena ó súlfuro de plomo (*soroche-plomo de bala*).—Es el mineral de plomo mas abundante en la naturaleza : se reconoce por su lustre metálico, que es de un gris de plomo un poco azulado : su forma cristalina deriva del cubo : su estructura las mas veces hojosa y muy rara vez compacta ó granuda ; las hojas se cruzan comunmente en tres direcciones formando ángulos rectos. Tiene poca dureza, y es muy frájil. Su p. esp. 7,2 á 7,78. Al soplete se funde poco á poco transformandose en plomo metálico, y desarrollando ácido sulfuroso. En el tubo abierto despide azufre, y da un sublimado blanco de sulfato de plomo. Cuando tiene selénio ó arsénico, produce al fin de la calcinacion un sublimado de color lacre, que es selénio en el primer caso, y rejalgar ó súlfuro de arsénico en el segundo. Se ataca muy fácilmente por el ácido nítrico aun débil y á la temperatura ordinaria : no se corroe por el ácido muriático débil ; pero es atacable completamente por este ácido concentrado é hirviendo, con desarrollo de hidrójeno sulfurado. Muy rara vez se encuentra puro ; casi siempre contiene un poco de súlfuro de antimo-

nio, de súlfuro de plata y algunas veces plata metálica. Se halla comunmente acompañado con la pirita comun, la pirita de cobre y sobre todo la blenda.

Su composicion es—plomo 0,8655 } 1,000
azufre 0,1345 }

Súlfuros dobles. El súlfuro de plomo se encuentra combinado en varias proporciones con el súlfuro de antimonio. Estos minerales cristalizan en prismas, y tienen comunmente la estructura fibrosa, que se parece á la del súlfuro de antimonio : muchas veces contienen una proporcion considerable de plata.—Son mas fáciles de atacar por el ácido muriático que la galena pura.

Sulfato : es raro, tiene color blanco un poco amarillente, ó bien color gris ; su lustre es de diamante ; cristaliza en octaedros rectángulos ; al soplete chisporrotea, y se funde : en la llama interior se reduce con efervescencia á un glóbulo metálico.

Los seleniuros son muy escasos en la naturaleza : se reconocen por el sublimado lacre que dan en un tubo abierto, y el olor de rábanos podridos que despiden al soplete. El *seleniuro* puro se parece mucho á la galena, produce poco sublimado de selénio en un tubo abierto, y da color azul á la llama.

El telururo es de un blanco de estaño muy brillante, al soplete sobre carbon, da un color azul á la llama ; en un tubo abierto produce un sublimado blanco fusible en gotas.

El cloro-fosfato no es raro ; á veces no tiene ningun color, por lo comun amarillo, amarillo verdoso ó bien de un verde claro ; tiene mucho lustre. Al soplete se funde en una esferilla, que cristaliza al enfriarse. Es soluble en el ácido nítrico, y se descompone facilmente por el ácido muriático y los carbonatos alcalinos.

El cloro-arseniato se parece mucho al cloro-fosfato ; las mas veces tiene un color amarillo de cera. Al soplete sobre el carbon, se funde con alguna dificultad, y se reduce á una esferilla de plomo con desarrollo de humo arsenical : cuando contiene fosfato de plomo, este no se reduce ; á la llama exterior se funde fácilmente, y enfriandose cristaliza. Se halla muy á menudo en las minas de Chile, pero nunca cristalizado.

El cromato rojo (plomo rojo) se ha encontrado solo en Siberia. Es de color rojo de jacinto, lustre de diamante : es trasparente ó traslu-

ciente, su polvo es de un amarillo de limon, fractura hojosa. Al soplete da el color verde al vidrio de borax. Con la sosa produce plomo.

El cromato verde se parece por sus propiedades al anterior, con la diferencia de que contiene 10 á 11 por ciento de cobre, y es de color verde

El vanadiato ó *plomo pardo* ha sido descubierto por del Rio en las minas de Zimapan en Méjico; y segun este sábio, es de color pardo de clavo claro ú obscuro, á veces gris amarillento y ceniciento; en masas y en prismas exágonos, corvos y agrupados paralelamente al eje ó de otros modos, por fuera lisos; de lustre entre nácar y diamante. Estructura de grano pequeño y fino, fractura desigual, caras de separacion lustrosas; de trasluciente en los bordes á trasluciente; quebradizo. Al soplete sobre carbon se funde facilmente con efervescencia, dando olor de ajo, y se reduce á globulitos de lustre metálico; pero no se cuaja en vidrio poliedro como el fosfato: con la sal de fósforo ó con el borax da vidrio verde parecido al de cromo.

Consta segun Wohler de	óxido de plomo	0,6741
	ácido vanádico	0,2198
	cloruro de plomo	0,1061

Es una de las especies minerales mas escasas en la naturaleza.

El Molibdato ó *plomo amarillo* es de color amarillo de cera, de limon, naranjado, melado y pardo cetrino; cristaliza en octaedros de base cuadrada ó en tablas cuadradas ú octagonas, con biselamientos en los bordes. Las caras son lustrosas, lustre de diamante. Estructura hojosa, ó bien compacta, á veces de grano muy fino; de semi transparente á trasluciente. Al soplete chisporrotea; sobre carbon se reduce á un glóbulo metálico, que es aleacion de plomo y molibdena. Es soluble en el ácido nítrico; se descompone por el ácido muriático, sulfúrico y por los carbonatos alcalinos.

Consta segun Claproth y Hatchett de

Oxido de plomo	0,6441
Acido molibdíco	0,3425

Se halla en vetas con metales de plomo y de plata:—en Méjico, en Zimapan en bellas tablas del mas hermoso naranjado embutidas en arcilla con plomo gris y arseniato de plomo; en Chile en octaedros naranjados y en tablas casi transparentes de amarillo de limon, en las minas de plata de Chapilca (departamento de Elqui); en Colombia, en Páramo Rico &c.

§ 2.° MINERALES (METALES) DE PLOMO.

Los *minerales*, ó como dicen los mineros del pais, *metales* de plomo, son unas mezclas de las citadas especies minerales; y con respecto al método que requieren para su beneficio, se dividen comunmente en dos clases, que son : *Clasificacion.*

(1) *Minerales oxijenados*, que constan principalmente de carbonato de plomo, mezclado con clorofosfatos y cloroarseniatos de plomo, con el molibdato y á veces con el sulfato;

(2) *Minerales sulfurados* ó galena mezclada las mas veces con blenda, cobre gris y pirita.

Aunque en Chile casi se desconoce hasta ahora el beneficio de estos minerales por plomo, por causa de la poca utilidad de ese metal, de su bajo precio y de la poca ley de plata que se encuentra en ellos, sin embargo los mineros chilenos saben muy bien distinguir aquellas dos clases de minerales, y las llaman en términos vulgares:

(1) metales de color,

(2) metales de soroche.

Los primeros se funden con la mayor facilidad en hornos de manga; los demas necesitan una tuesta prévia ú hornos de reverbero : unos y otros tienen por su mayor enemigo en la fundicion la *blenda* (súlfuro de zinc) y la calamina (carbonato de zinc), que acompañan comunmente todo mineral de plomo, y obstruyen las chimeneas, ú orijinan escorias difíciles de fundir. Se advierte que, del mismo modo que en los minerales análogos de cobre, en estos tambien se encuentran muy rara vez ó casi nunca minerales oxijenados sin alguna mezcla de galena ; y pocas veces hay *metales de soroche* sin mezcla de carbonato ó sulfato de plomo.

Todos en jeneral tienen mas ó ménos plata y frecuentemente oro; y bajo este respecto se hablará de ellos en el capítulo siguiente (§ 2), tratando de los minerales de plata plomizos. *Ley de plata.*

El criadero ó la matriz de los minerales de plomo consta en gran parte de espato calizo y espato perlado (es decir de carbonatos de cal, de magnesia, de hierro y de manganesa); muchas veces tambien contiene sulfato de barita. Los demas elementos son como en los criaderos de cobre, el cuarzo, la serpentina y varias especies de arcillas, sobre todo, una arcilla blanca, suave al tacto. Casi nunca se *Criadero.*

hallan con plomo, asbesto y anfíbola que son tan comunes en los criaderos de cobre, y cuando este último metal se halla mezclado con los minerales de plomo, es casi siempre al estado de carbonato azul en los *metales de color*, ó bien al estado de cobre gris en los de *soroche.*

Es de observar que, miéntras en el antiguo continente la especie mineral, que acompaña casi todos los minerales de plomo, es fluspato ó fluoruro de calcio, esta sustancia no se halla en ninguna mina de plomo en Chile; ni tampoco se ha encontrado en alguna de las infinitas minas de otros metales en este pais.

Lecho. El *lecho* (gissement) de los minerales de plomo en Chile pertenece casi exclusivamente á los terrenos segundarios estratificados: las vetas de plomo son inumerables, y se hallan comunmente á unas 20 ó 30 leguas de la costa, en los pórfidos *abigarrados,* á una altura que pasa las mas veces de 800 ó mil varas encima del nivel del mar. Estas vetas se hallan muchas veces en los mismos cerros que las de cobre gris ó de cobre sulfurado platoso, como, por ejemplo, en San Pedro Nolasco, Catemo, Rapel, los Porotos &c. Y por lo comun, esas mismas vetas, que en la parte superior producen cobre gris ó cobre sulfúreo, no dan en hondura otra cosa mas que galena mezclada con blenda y pirita. Pero á mas de estas vetas, que forman como una cadena de minas de plomo en todo el alto del Cordon de los Andes, aparecen tambien los minerales de plomo oxijenados y las galenas en algunas minas de oro, en los terrenos graníticos no estratificados, como en las de Rancagua y de la hacienda de Cocalan en las provincias del Sud de Chile; y en este caso, los minerales de plomo son casi siempre auríferos.

§ 3.º PRODUCTOS DE LAS ARTES.

Los productos mas importantes son:

El plomo en barra,

La arena de plomo ó la parte mas rica del mineral, separada por el lavado (schlich),

Los ejes,

Los minerales y ejes calcinados,

Las escorias de horno de reverbero,

Las escorias de hornos de manga,

El litargirio negro y los litargirios ordinarios,

Los fondos (asientos) ó pedazos de las copelas en que se ha copelado en grande,

Los *hollines* ó sustancias que se pegan en las chimeneas de los hornos,

El minio,

La cerusa ó carbonato de plomo (albayalde),

El sulfato,

Los acetatos,

Los cromatos,

El cristal ó vidrios de plomo.

El plomo que proviene de la fundicion inmediata de los minerales, se somete á la copelacion en grande, cuando contiene bastante plata: del litargirio que se forma en esta operacion, y se vuelve á reducir despues en una fundicion por separado, resulta la mayor parte del plomo del comercio.—El plomo dúctil es casi puro; pero rara vez se halla sin contener un poco de cobre ó plata. El plomo quebradizo contiene antimonio, y á veces arsénico ó azufre.

Los ejes son unos súlfuros múltiplices al menor grado de sulfuracion, combinados con la galena; á veces son arsenio-súlfuros.

La galena y los ejes calcinados con el contacto del aire, constan de óxido y de sulfato de plomo, mezclados ó combinados con algunos óxidos ó súlfuros. La proporcion de sulfato es tanto menor cuanto mas súlfuros de hierro y de zinc contiene el mineral, y cuanto mas se ha elevado la temperatura para calcinar. La sílice tambien contribuye á disminuir la proporcion de sulfato.

Las escorias son unos silicatos de plomo, de hierro, de zinc, de manganesa &c., y provienen de la accion del cuarzo contenido en el criadero, sobre el sulfato de plomo, el sulfato de barita y varias bases activas á la temperatura de fundicion: á veces contienen tambien sulfatos, que se hallan sobre todo en proporcion considerable en estas escorias, cuando se funden minerales que contienen mucho sulfato de barita con el fluoruro de calcio.

Los litargirios. Varias especies de litargirio se producen en la copelacion en grande. Los primeros que se forman, y sobrenadan en el baño, no son otra cosa mas que unos ejes que adhieren á las barras de plomo: en los segundos que se llaman *litargirios negros*, se reconcentran todos los metales muy oxidables, y sobre todo

el antimonio y el arsénico : al fin, los ultimos constan de oxido puro ó casi puro con una pequeña cantidad de plata, y á veces con óxido de cobre.

Los fondos de las copelas. Las copelas que se emplean en la copelacion en grande, se hacen de cenizas de huesos, ó de margas muy calcáreas. La parte de la copela que es atravesada por el litargirio, se llama fondo de copela ; y es una mezcla de litargirios y de la misma materia que sirve para hacer las copelas, y no ejerce ninguna accion sobre los litargirios.

Los hollines que se pegan en las chimeneas de los hornos, constan de óxido de plomo, de sulfato de plomo, de ácidos de arsénico y de antimonio, de óxido de zinc &c.

SECCION 2.ª

Modos de ensayar.

---

§ 1.º CLASIFICACION.

Se dividirán en tres clases las sustancias que tienen plomo, y se han de ensayar por la *via seca.*

1.ª Se comprenderán en la primera clase todas las sustancias que no contienen azufre, ni selénio, ni arsénico, ó no contienen estos cuerpos sino en pequeña cantidad. Tales son 1.º el litargirio ; 2.º el minio ; 3.º los primeros litargirios antimoniales ; 4.º los fondos de copela ; 5.º los humos ú hollines de plomo que no contienen sulfato ; 6.º el carbonato nativo y la cerusa ; 7.º el oxicloruro ; 8.º el cloro-carbonato ; 9.º el cloro-fosfato ; 10.º las escorias, que constan de silicatos ; 11.º el cristal ; 12.º el aluminato, los cromatos, que no contienen sulfato de plomo, el tunstato y el molibdato.

2.ª Se colocan en la segunda clase los súlfuros, es decir, la galena pura ó antimonial, los ejes y los séleniuros.

3.ª En fin la 3.ª clase comprende todos los minerales de plomo, que contienen ácido sulfúrico, ácido selenioso, ácido selénico, ácidos arsenioso y arsénico.—Estos son : 1.º el sulfato nativo y artificial ; 2.º los sulfato-carbonatos ; 3.º la galena y los ejes calcinados ; 4.º los humos de plomo, que contienen sulfato de plomo ; 5.º las escorias

que contienen sulfato; 6.° los seleniuros calcinados &c.

Siendo volatil el plomo de un modo muy sensible, es necesario no emplear una temperatura muy elevada, cuando se quiere determinar la cantidad de este metal por la *via seca*. En jeneral, se hacen los ensayes de plomo en los hornos de calcinacion sin chimenea; y estos se cubren con un tubo de aspiracion capaz de producir una temperatura de 50 á 60° p. Cuando estos hornos son bastante grandes, se pueden hacer tres ó cuatro ensayes á un mismo tiempo: sin embargo es mejor emplear hornos mas pequeños, y no hacer ensayes sino uno á uno. Las muflas de los grandes hornos de copelacion son tambien muy cómodas para hacer ensayes de plomo, sobre todo, cuando se han de hacer muchos ensayes, porque se puede ejecutar gran número de ellos á un tiempo sin ningun inconveniente; pero estos hornos no se emplean sino para ensayar ciertos minerales, y siguiendo ciertos métodos que se van á describir mas adelante. En algunos casos es preciso elevar la temperatura hasta la de los ensayes de hierro, aun con riesgo de volatilizar una parte de plomo. ***Hornos.***

§ 2.° MATERIAS DE LA 1.ª CLASE.

Es muy sencillo y fácil de ejecutar el ensaye de las sustancias de la primera clase. La operacion se reduce á fundir la materia con una mezcla de reductivo y de flujo alcalino, es decir, con flujo negro ó sus equivalentes. El reductivo quita el oxíjeno á las materias oxidadas; y cuando las sustancias que se ensayan, contienen cloruro de plomo, se reduce por él una parte de álcali cuyo metal se apropia el cloro; y el plomo se separa. A mas de esto, se necesita en uno y otro caso añadir flujo alcalino, para que el plomo reducido pueda separarse de todas las sustancias estrañas, que se encuentran en el mineral, y unirse en una sola esferilla. Las mas veces el flujo alcalino obra en estas sustancias combinandose, y formando con ellas compuestos fusibles: es lo que sucede con la silice, los silicatos &c.; pero otras veces la accion del álcali se limita á mantener estas sustancias en suspension, y á formar con ellas una pasta líquida que las partículas de plomo atraviesan sin dificultad, para unirse en el fondo del crisol: así, la cal, la magnesia, el fosfato de cal, el óxido de cromo no mezclado con silice, el hierro metalico muy dividido quedan simplemente como suspendidos en medio del flujo negro fundido. Sin *Flujo.*

embargo, cuando las sustancias que se ensayan, no son de naturaleza que pueda combinarse con el flujo negro, es siempre conveniente añadir á este $\frac{1}{2}$ á 1 p. de borax vitrificado (por cada p. de la sustancia): en este caso las escorias adquieren siempre una liquidez suficiente.

Proporcion del flujo que se añade.

Como los óxidos no contienen sino una pequeña proporcion de oxíjeno, no se necesita mas que una corta cantidad de carbon para reducirlos : la cantidad de este combustible contenido en 2 p. de flujo negro ordinario, es mas que suficiente para esto : la experiencia por otra parte ha probado que, empleandose esta proporcion de flujo negro, es raro que las escorias no tengan una fluidez conveniente. Sin embargo, en algunos casos se necesita mayor cantidad de flujo, y en otros mayor cantidad de carbon que la que contienen 2 p. de flujo negro. Cuando es preciso aumentar la cantidad de flujo, por ejemplo, cuando se ensayan materias pobres mezcladas con muchas materias calcáreas, entónces en lugar de emplear mas flujo negro, es mejor añadir á las 2 p. de flujo 1 á 2 p. de carbonato de sosa, ó, mejor todavia de borax. Cuando el óxido ó el cloruro de plomo se halla mezclado con un óxido que contiene mucho oxíjeno, y se reduce á una temperatura muy baja, pasando al menor grado de oxidacion, es evidente que se ha de consumir en el ensaye mucho reductivo; y por consiguiente es preciso emplear mas carbon que de costumbre, porque de otro modo podria quedar plomo en las escorias. Es lo que sucederia, si se fundiese con solo 2 p. de flujo negro un mineral que contuviese mucho óxido de manganesa, de peróxido de hierro, de óxido de zinc, de ácido crómico &c. La adicion de 3 á 4 p. de flujo negro ordinario es suficiente aun para el caso en que se necesite la mayor proporcion de reductivo : pero, como siempre es muy incómodo emplear mucho flujo alcalino, porque en este caso se necesitan crisoles muy grandes, que se calientan mucho mas dificilmente que los pequeños, es mejor sustituir á las 2 p. de flujo ordinario, 2 p. de un flujo negro mas rico en carbon, ó de otro flujo equivalente.

Operacion.

El ensaye se ejecuta del modo siguiente. Se toman 10 gramos (200 granos) de la materia reducida á polvo ; se mezclan íntimamente con una proporcion conveniente de flujo ; y se introduce la mezcla en un crisol de arcilla bastante grande para que no se llene sino hasta las $\frac{2}{3}$ partes, poco mas ó ménos. Por encima de esta mezcla se pone una

capa del grueso de un dedo, de flujo negro, de carbonato de sosa ó de sal comun: se coloca el crisol sobre un apoyo de arcilla en el horno; y se calienta gradualmente. Se puede cubrir el crisol con una tapa ó con unos dos ó tres grandes pedazos de carbon, colocados transversalmente. Luego que la materia se ablanda, principia á hervir, se hincha; y si no se tiene cuidado de templar el fuego, puede subir hasta los bordes del crisol, y pasar por encima de ellos: en este momento, sobre todo, cuando la efervescencia se hace demasiado viva, es necesario destapar el cirsol, y tenerlo abierto. Al cabo de cierto tiempo, la efervescencia disminuye, porque reducido el óxido, cesan de exhalarse los gaces; y se puede aumentar el fuego para liquidar completamente las escorias. Para esto, se vuelve á cubrir el crisol con carbon, se coloca el tubo de aspiracion en el horno, y se calienta mas ó ménos durante 10 minutos; al cabo de este tiempo se destapa el crisol, y se ve por el aspecto de la materia si la fusion ha sido completa, ó si se debe calentar de nuevo. Concluido el ensaye, se saca el crisol, se lo golpea lijeramente en el fondo para reunir todo el plomo en una sola esferilla, y se lo deja enfriar. Cuando la materia se ha fundido bien, la escoria presenta una superficie cónica concava, por la disminucion del volúmen y la adherencia á las paredes del crisol. Quebrando el crisol, se encuentra en el fondo una esferilla de plomo, que se separa fácilmente de las escorias, pero que se pega siempre fuertemente al crisol. Se limpia este plomo achatondolo sobre un yunque con un martillo, se lava, se seca y se pesa. Cuando el ensaye ha sido bien hecho, la escoria no contiene granallas: sin embargo, importa siempre examinarla con cuidado. Si hubiese algunas granallas, se pudiera recojerlas desleyendo la materia en el agua, y lavando en seguida por decantacion. Sucede algunas veces que se reparan en las paredes del crisol encima de la materia fundida, granallitas de plomo ó manchas amarillas de litargirio: esto proviene de la gran efervescencia que se habia producido desde el principio de la operacion. Para evitar este inconveniente, se cubre, como hemos dicho, la mezcla del ensaye con una capa de flujo puro, el cual sirve para lavar las paredes en el momento de la efervescencia; y cuando á pesar de esto quedan algunas granallas en la pared, es preciso hacer de nuevo el ensaye.

Metales alcados.

No es siempre puro el plomo que se obtiene en los ensayes. Así, cuando las materias que se ensayan, contienen cobre, plata, estaño,

antimonio, estos metales se encuentran en totalidad con el plomo: cuando contienen zinc, y se calientan durante un tiempo suficiente, el plomo no retiene una cantidad notable de este metal; pero, al contrario, el zinc volatilizandose arrastra consigo una cierta cantidad de plomo.

Hierro. El óxido de hierro contenido en las sustancias que se ensayan, se reduce durante la fusion; pero el hierro queda diseminado y como suspendido en las escorias, sin que el plomo contenga algun indicio de este metal; con tal que no se haya calentado demasiado. Si la fusion se verifica á una temperatura muy elevada, se obtiene plomo mezclado con pequeñas granallas de *hierro colado*, pero nunca una verdadera aleacion.

Cobalto, níquel. El cobalto y el níquel pueden tambien hallarse íntimamente mezclados con plomo en la proporcion de 0,04 á 0,05 sin formar aleaciones.

Manganesa. Los óxidos de manganesa se trasforman en protóxido que no se reduce, y queda mezclado con el flujo.

Pérdida de plomo. Las escorias que provienen de los ensayes de plomo, retienen siempre cierta cantidad de este metal; pero esa cantidad es muy corta, porque las materias que no contienen mas que 0,08 á 0,09 de plomo, dan todavia 0,06 de metal en el ensaye. Se puede pues reconocer la existencia del plomo por medio del flujo negro ordinario aun en las materias muy pobres.

§ 3.º MATERIAS DE LA 2.ª CLASE.

Las materias de esta clase son unos súlfuros, seleniuros, subsúlfuros y subseleniuros, simples ó multíplices, mezclados ó no con las sustancias térreas.

Pérdida en el ensaye. Comenzemos por observar que no es posible determinar rigorosamente por la *via seca*, la proporcion de plomo contenido en una materia sulfurosa. Se sabe por la práctica que aun en los mejores métodos se pierde todavia 0,06 á 0,12 de plomo por la volatilizacion del súlfuro, y que los métodos antiguos que se practican todavia en algunos injénios, hacen perder hasta 0,15 y 0,20. Esto hace ver que, para determinar la cantidad de plomo en una sustancia con toda la exactitud posible, es indispensable recurrir á la análisis por la via húmeda, y que los ensayes por la via seca solo pueden indicar cuanto, poco

mas ó menos, de plomo se puede sacar de un mineral en una operacion en grande.

Para ensayar las sustancias que contienen plomo y azufre, se puede fundirlas,

1.° Con flujo negro despues de calcinarlas;

2.° Sin calcinarlas, con carbonato de sosa, ó flujo negro, ó cremor-tártaro;

3.° Con hierro metálico;

4.° Con carbonato de sosa ó flujo negro y hierro;

5.° Con flujo negro y óxido de hierro ú óxido de zinc;

6.° Con flujo negro y protosúlfuro de hierro ó súlfuro de zinc;

7.° En fin, con una mezcla de carbonato de sosa y salitre.

1.° *Calcinacion y flujo negro.*—Este método es el mas antiguo, y durante mucho tiempo ha sido practicado casi esclusivamente; es sin embargo el mas largo, el mas incómodo y el mas inexacto de todos los que se conocen hasta ahora. Consiste en calcinar el mineral á una temperatura moderada, y en fundir el residuo con dos veces su peso de flujo negro: de este modo no se obtiene mas que 0,66 á 0,69 de plomo, de un súlfuro de plomo, cuando está perfectamente puro.

2.° *Fundicion con un flujo alcalino sin calcinacion.*—El método de la calcinacion se ha abandonado; y ahora el ensaye de los minerales de plomo sulfurados se hace fundiendolos inmediatamente con 4 p. de su peso de carbonato de potasa ó de sosa. La operacion se hace ordinariamente en una cápsula ó una tazita chata que se llama escorificatoria, en un horno de mufla; pero se puede ejecutar igualmente en un crisol, en un horno de calcinacion, teniendo el cuidado de dejar el crisol descubierto. Se calienta lenta y gradualmente, hasta que la materia esté perfectamente líquida; se sacan despues los crisoles ó las *escorificatorias*, y se quiebran para sacar las esferillas. Cuando el ensaye se hace con mucho cuidado, la galena pura produce por este método 0,75 y aun hasta 0,80 de plomo. En los injénios de Hartz (en Alemania) se admite que en todos los ensayes hay una pérdida de una décima parte de plomo. *Proporcion.* *Operacion.*

En vez del carbonato alcalino se puede emplear el flujo negro ó el cremor-tártaro igualmente en la proporcion de 4 p.; y el resultado es el mismo. Se hace entónces el ensaye en crisoles, porque no se necesita el contacto del aire: la desulfuracion se produce por el contac- *Flujo reductivo.*

to simultáneo del carbon sobre el oxíjeno del álcali, y del metal alcalino sobre el azufre. Con el cremor-tártaro la operacion es larga, porque la materia queda pastosa, hasta que la mayor parte del ácido tártrico se descompone y se quema; pero se obtiene tambien mucho mas producto.

3.° *Fundicion con hierro metálico.*—Es muy fácil y cómodo este procedimiento: tiene siempre buen éxito; y no exije ninguna precaucion incómoda: la materia se funde sin efervescencia; y como, por otra parte, ocupa poco espacio, se puede hacer el ensaye en crisoles muy pequeños, ó bien operar sobre una grande cantidad de mineral. Pero, no se puede emplear este método, sino para ensayar los súlfuros puros, ó que no contienen mas que algunas centésimas de materias térreas ó pedregosas.

Proporcion de hierro. Cuando se calienta la galena con el hierro, este metal se trasustancia en protosúlfuro. Se sigue de esto que, para desazufrar, 1 átomo de galena (2991), se necesita rigorosamente 1 átomo de hierro (678), ó 22,6 p. 100; pero la experiencia prueba que es mejor emplear un poco mas, y que se puede sin ningun inconveniente elevar esta proporcion hasta 30 por ciento. El hierro debe estar en limadura muy

Operacion. limpia ó en hilitos cortados. Se pone la mezcla en un crisol que esté lleno á lo mas hasta las tres cuartas partes de su capacidad interior; se cubre todo con una lijera capa de sal comun ó de carbonato de sosa, ó de flujo negro, se tapa el crisol, se junta la tapa con el crisol por medio de arcilla; y se da al fin un fuego muy activo. Cuando el crisol está frio, se quiebra; y se encuentra en su fondo un boton metálico, el que á primera vista parece homojéneo, pero que se divide en dos partes distintas con el martillo: la parte inferior es de plomo puro bien dúctil, y la parte superior consta de un eje muy quebradizo, de color de bronce obscuro y un poco magnético. Se separa este eje del boton pegandole un golpe con el martillo; y cuando este boton está bien limpio, se pesa. Es tambien bueno pulverizar el eje, y pasar el polvo por un tamiz de seda, para extraer los globulitos de plomo que retiene algunas veces.

Producto. La galena casi pura produce por este método 0,72 á 0,79 de plomo. La pérdida que es considerable, es ocasionada enteramente por la volatilizacion. Cuando la galena contiene antimónio, y está mezclada con pirita, se necesita una proporcion mas considerable de hierro;

pero, si al mismo tiempo hay blenda, esta no se reduce por el hierro, sino á una temperatura muy elevada, y por consiguiente pasa al eje disminuyendo su fusibilidad.

4.° *Fundicion con carbonato de sosa ó flujo negro y hierro metálico.*—Hemos visto que, cuando se calienta la galena con un flujo alcalino sin contacto del aire, las escorias retienen un súlfuro doble de plomo y de metal alcalino: si se echa hierro en esta escoria, miéntras esté fundida, el plomo se separa por el hierro, y queda en la escoria un súlfuro doble de hierro y de metal alcalino. Se ve pues que se pueden ensayar todas las materias sulfurosas con toda la exactitud que este género de ensayes permite, fundiendolas con una mezcla de flujo alcalino y hierro metálico. Se puede emplear por flujo alcalino sea el flujo negro, sea el carbonato de sosa; y se lo emplea en proporcion tanto mayor cuanto mayor es la cantidad de sustancias térreas en la materia que se ensaya. El hierro no sirve mas que para separar el plomo del súlfuro que se ha disuelto en el álcali; y por consiguiente se emplea en cantidad menor que si se emplease solo, sin álcali. La experiencia ha enseñado que se obtiene el *máximo* del producto, ensayando la galena pura con *Flujo.* *Hierro.*

2 p. de flujo negro ó carbonato de sosa y 0,10 á 0,12 de hierro;
1 p. — — — — — 0,20
0,50 p. — — — — 0,25 á 0,30

Cuando se emplea flujo negro con limadura de hiero, habria inconveniente en agregar una cantidad demasiado grande de este último, sobre todo, si se hiciese el ensaye á una temperatura elevada, porque en este caso el plomo estaria mezclado con hierro; pero, empleando por flujo, carbonato de sosa, ó bien cualquiera que sea el flujo, empleando el hierro en unos pequeños clavos y no en limadura, no resulta ningun inconveniente del exceso de este metal; ántes bien se asegura por él la *desulfuracion* completa del plomo. La razon de esto es la siguiente: cuando cierta porcion de limadura de hierro que no esté sulfurada por las materias que se ensayan, se halla mezclada con carbonato de sosa, el ácido carbónico del álcali sirve para oxidar el hierro; y si la cantidad de este último no es demasiado grande, todo su óxido queda combinado ó retenido en la escoria sin mezclarse con el plomo. Si en lugar del carbonato de sosa se emplea flujo negro, esta oxidacion no se verifica por causa del carbon que se halla en el flujo; y puede suceder que una parte de li-

madura, atravesando el flujo, y no encontrando bastante azufre para trasformarse al estado de súlfuro, pase al fondo, y se mezcle con granallas de plomo : pero, si aun en este caso, en lugar de la limadura se hace uso del hierro en forma de unos clavitos pequeños, se corroen superficialmente por el súlfuro de plomo sin cambiar de forma ni ablandarse; y al concluir el ensaye, se hallan metidos en la superficie del plomo, de tal modo que se pueden separar con la mayor facilidad; y el plomo queda sin ninguna mezcla de hierro.

Hay todavia otro modo de hacer estos ensayes, sin que el hierro quede mezclado con el plomo. Este modo consiste en hacer una mezcla de la materia que se quiere ensayar, con flujo negro ó con carbonato de sosa, y en fundir esta mezcla en un crisol de hierro batido, ó de hierro colado, del mismo porte y misma forma que los crisoles ordinarios de arcilla. Se aplica muy bien este método, sobre todo, para ensayar las galenas ricas en plata, ó bien para descomponer los seleniuros de plomo nativo, teniendo presente que, en este último caso, todo el selénio queda en las escorias combinado con hierro ó con álcali. Se hace calentar gradualmente la mezcla; y luego que esté fundida, se vacia el crisol en un molde ó en una cuchara de hierro: despues se separa la esferilla de plomo de las escorias; y se examinan estas últimas para saber si tienen granalla. Se puede hacer sucesivamente gran número de ensayes en un mismo crisol, sin dejarlo enfriarse; pero al cabo de algunas operaciones, se forman en el interior unas escamas de hierro, que se mezclan con el flujo, y pueden disminuir la fluidez de las escorias. Para remediar esto, se puede sumerjir el crisol vacio y bien caliente en el agua; y se separa despues esta escama, golpeando el crisol con un martillo, y refregandolo con arena : cuando á pesar de esto, quedan todavia en el interior algunas manchas de óxido, es bueno echar en el crisol un poco de ácido muriatico; y despues de haberlo calentado por algun rato, se sumerje todo en el agua. Este modo de ensayar en los crisoles de hierro, es el que da mayor proporcion de plomo; y conviene, sobre todo, para las materias, que contienen súlfuro de plomo rico en plata, y mezclado con pocas sustancias pedregosas.

5.° *Fundicion con flujo negro ó carbonato de sosa y óxido de hierro ú óxido de zinc.*—Siendo muy fáciles de reducirse por el carbon los óxidos de hierro y de zinc, se ve que una mezcla de estos óxidos y

de flujo negro equivale á una mezcla de hierro ó de zinc metálico y de carbonato de potasa. Así fundiendo

10 gr. de galena pura con { 10 á 20 carbonato de sosa, 3 de óxido de hierro, 0,5 de carbon,
ó bien con { 10 gr. de flujo negro, 3 de óxido de zinc,

se obtiene en el primer caso 7gr,6 de plomo,
y en el segundo 7,8.

Se puede tambien emplear estos óxidos solo con carbonato de sosa sin carbon.

6.° *Fundicion con flujo negro y protosúlfuro de hierro ó súlfuro de zinc.*—El súlfuro de hierro y el súlfuro de zinc se descomponen en parte por los carbonatos alcalinos, de modo que una parte de hierro ó de zinc pasa al estado metálico, y se forman compuestos de súlfuro alcalino con súlfuros de hierro ó de zinc. La parte metálica pudiera oxidarse por el ácido carbónico, si no hubiese carbon; pero en todo caso obra sobre el súlfuro de plomo, se apodera de su azufre; y separa el plomo al estado metálico. Así fundiendo

10 gr. de galena con
10 de flujo negro,
5 de protosúlfuro de hierro artificial,

se obtiene 7gr,7 á 7,8 de plomo; y todo se funde sin efervescencia. Se obtiene la misma proporcion de plomo sustituyendo la blenda al súlfuro de hierro: solo se debe en este caso emplear dos veces mas flujo negro que en el primero, para que las escorias sean bastante liquidas, y no retengan granalla de plomo. Esto nos hace ver que seria superfluo emplear hierro en los ensayes de los ejes, que se forman en las fundiciones, y contienen mucho súlfuro de hierro y de zinc; y que fundiendo estos ejes solo con 1 á 2 p. de flujo negro, se debe estraer casi la totalidad del plomo que contienen. Se ve tambien que, para ensayar una galena mezclada con blenda, basta fundirla con 2 p. de flujo negro sin adicion de hierro. El mismo método no seria bueno para la galena mezclada con mucha pirita, porque esta última formaria con los álcalis mucho súlfuro alcalino, que no solo se combinaria con gran cantidad de súlfuro de hierro transformado en protosúlfuro, sino que tambien retendria mucho súlfuro de plomo. Por esta razon, fundidos 10 gr. de galena con 10 gr. de flujo negro y

5 de pirita, dan solo 3gr,8 de plomo. Para evitar la pérdida del plomo, seria preciso agregar hierro metálico cuya proporcion ha de variar segun la de la pirita.

7.° *Fundicion con una mezcla de carbonato de sosa y de salitre.*— Fundiendo el súlfuro de plomo con nitrato de potasa, se sabe que todo el azufre se trasustancia en ácido sulfúrico ántes que principie á oxidarse el plomo : por consiguiente, si se emplea una cantidad conveniente de salitre, se puede quitar todo el azufre al plomo, y separar este metal al estado puro. Se añade en este caso á lo ménos 2 p. de carbonato de sosa, para templar la accion demasiado viva del salitre sobre el súlfuro ; y por otra parte la experiencia enseña que, para estraer la mayor proporcion posible de plomo de una galena, es preciso emplear 0,30 á 0,40 de salitre.

Proporcion de flujo.

No conviene este modo de ensayar, cuando se intenta determinar la cantidad de plomo, porque varian mucho los resultados ; pero, al contrario, este proceder es excelente para ensayar los súlfuros de plomo, cuando se tiene par objeto extraer toda la plata contenida en el mineral. La fundicion se efectua fácilmente, sin efervescencia ; las escorias son muy liquidas y no mezcladas con granallas. Importa mucho no dejar en la escoria súlfuro de plomo no descompuesto, porque en este caso quedaria con este súlfuro una cantidad notable de súlfuro de plata : para evitar este inconveniente, es menester añadir un exceso de salitre ; y entónces, aunque la cantidad de plomo que se obtiene, sea menor, toda la plata se reconcentra en el plomo.

Galena antimonial. De la galena antimonial se puede extraer, á voluntad, plomo casi puro, ó plomo con la mayor parte de antimonio. Para extraer plomo casi puro, es preciso fundir el mineral con 3 á 4 partes de carbonato de sosa ; y entónces todo el antimonio queda en la escoria, en parte al estado de súlfuro, en parte al estado de óxido.—El mismo resultado se consigue fundiendo este mineral con carbonato de sosa y una proporcion conveniente de salitre. Pero, para separar al mismo tiempo la mayor proporcion de antimonio, es necesario emplear hierro metálico, sea solo, sea mezclado con flujo negro.

§ 3.° TERCERA CLASE.

Para ensayar las materias de esta clase, es necesario emplear un reductivo ; pero, si se emplea el reductivo solo, los sulfatos, los se-

leniatos y los arseniatos se transforman en súlfuros, seleniuros y arseniuros, sin producir plomo puro : por esto, á mas del reductivo, se necesita para esta clase de ensayes, otro reactivo capaz de apoderarse del azufre del selenio ó del arsénico, y de separar el plomo. Este reactivo puede ser un carbonato alcalino ó el hierro metálico para los sulfatos y los seleniatos: pero, no se debe hacer uso sino de hierro metálico para los arseniatos y los arsenitos, porque los álcalis no ejercen ninguna accion sobre los arseniuros.

En todos los casos se emplea el flujo negro, que sirve de reductivo para los óxidos, y de flujo para las sustancias térreas.—Cuando se funde un arseniato con flujo negro y hierro, el arseniuro de hierro que se produce, no se mezcla ni con el plomo, ni con la escoria, sino que constituye un eje quebradizo, que adhiere un poco á la esferilla de plomo.

Como los ensayes de plomo nunca dan resultados constantes, y los productos varian no solo por el grado de calor y el modo con que se calientan los ensayes, sino que tambien penden de una multitud de circunstancias, es preciso, cuando se quiere obtener resultados comparativos, hacer todos los ensayes en el mismo horno y siempre del mismo modo : á mas de esto, es indispensable repetir cada uno á lo ménos dos veces para verificar su exactitud.—Si la sustancia que se ha de ensayar, es de una naturaleza desconocida, no se puede acertar en obtener la mayor proporcion de plomo, sino haciendo varios ensayes, y variando la proporcion de los reactivos que se juzgan necesarios.—En todo caso, la cantidad de plomo producido por el ensaye, debe considerarse como inferior á lo ménos de algunas centésimas, á la cantidad contenida en la sustancia que se ha ensayado. *Observacion que se refiere á toda clase de ensayes de plomo.*

Ensaye por la via húmeda. Muchas veces se puede determinar por la via húmeda la proporcion de plomo contenido en una sustancia, de un modo mas exacto y casi tan fácil y sencillo como por la via seca. Vamos á citar algunos ejemplos en los que se puede hacer uso de este metodo.

1.° Cuando tenemos que ensayar la parte lavada de un mineral de plomo compuesto de carbonato, de cloro-fosfato y cloro-arseniato, de plomo mezclado con sulfato de barita, cuarzo y otras sustancias pedregosas, no atacables por los ácidos. Es preciso reducir á polvo este mineral, y atacarlo por el ácido acetico. En este ácido se di- *Carbonato, fosfato, arseniato.*

suelve el carbonato de plomo cuya cantidad se determina pesando el residuo bien lavado y seco. Despues, haciendo hervir este residuo con ácido nítrico puro, se disuelve el cloro-fosfato y el cloro-arseniato; y se determina la proporcion de esta parte metálica del mineral, lavando el residuo, secando, y restando su peso del peso del residuo anterior.

Galena. 2.° Supóngase que tenemos galena mezclada con un criadero, que conste enteramente de carbonato de cal. Se separa muy facilmente este criadero por el ácido acético; y en el residuo queda la galena pura. Si á mas del carbonato de cal, el criadero contiene un poco de arcilla, es preciso volver á atacar el residuo, que se separa de la disolucion acética, por el ácido nítrico; y entónces toda la galena se disuelve, y no queda mas que la arcilla con un poco de azufre. Se separa el azufre de la arcilla calcinandola con el contacto del aire.

3.° Los minerales de galena tienen las mas veces por criadero unas piedras inatacables por los ácidos. En este caso se ensayan muy bien por el ácido nítrico puro, con tal que no contengan mucha pirita ó blenda. Si el ácido está concentrado, ó si se calienta demasiado, se produce mucho sulfato de plomo, el cual siendo insoluble, quedaría con el criadero; y no se pudiera determinar la proporcion de la galena por la diferencia, pesando la parte insoluble. Para evitar este inconveniente, es preciso principiar por humedecer el mineral con un poco de agua, y echar ácido nítrico poco á poco, hasta que comienze la accion; despues se calienta todo con un calor muy moderado; y se ha de ajitar la disolucion frecuentemente. Luego que desaparecen todas las partículas metálicas, se debe parar la operacion; se añade agua, se filtra; y despues de haber lavado y secado el residuo, se lo calcina con el contacto del aire, á fin de quemar el azufre: restando el peso del residuo del peso del mineral que se ha ensayado, se obtiene la proporcion de la galena pura contenida en el mineral. Si se quiere obtener una exactitud muy grande, y se teme que se haya formado una cantidad notable de sulfato de plomo, se puede, ántes de pesar el residuo calcinado, hacerlo hervir con una disolucion de potasa caustica, para disolver el sulfato: despues se lava el residuo con mucha agua, se seca, y se pesa.

Minerales de plomo con blenda. 4.° Se ensayan tambien los minerales de plomo, que contienen mucha piedra mezclada con pirita de hierro y blenda, haciendo her-

virlos con ácido muriático concentrado, y lavando el residuo con mucha agua, para disolver todo el cloruro de plomo. Este método es exacto, cuando el mineral contiene poca blenda, ó cuando la blenda es casi pura, con poco hierro: porque de otro modo se disuelve tambien mucho zinc en el ácido, y tanto mas cuanto mayor es la proporcion de súlfuro de hierro en la blenda.

5.º En fin, cuando las escorias de plomo son atacables por los ácidos, se puede reconocer aun la mas pequeña cantidad de plomo, atacandolas por el ácido nítrico, ó por el agua réjia, filtrando el licor, y pasando en la disolucion una corriente de hidrójeno sulfurado. *Escorias.*



CAPITULO 8.

PLATA.

SECCION 1.ª

Minerales y productos de las artes.

§ 1.° ESPECIES MINERALES

Las especies minerales que contienen plata, se clasifican del modo siguiente.

1.ª *Clase.* Minerales metálicos.—Plata metálica.
El súlfuro simple,
Los súlfuros dobles de plata y de — { cobre, antimonio, arsénico.

2.ª *Clase.* Minerales sulfurados, seleniados y telurados. { Los súlfuros múltiplices de { plata, cobre y antimonio, y arsénico, plomo y antimonio, plomo y bismuto. Los seleniuros, Los telururos.

3.ª *Clase.* Minerales que contienen cloro, bromo ó iodo. { El cloruro, El cloro-bromuro, El ioduro.

4.ª *Clase.* Minerales carbonatados.—El carbonato.

5.ª *Clase.* Aleaciones — { Los antimoniuros, El arseniuro, Las amalgamas, Oro y plata.

A mas de las especies minerales que acabamos de enumerar, la plata se halla diseminada en muy pequeña proporcion, sea al estado metálico, sea al estado de súlfuro, en un gran número de minerales metálicos, y particularmente en las piritas arsenicales,

en el arseniuro y sulfo-arseniuro de hierro (mispiquel),

en el bismuto y el mercurio nativo,

en la galena y el carbonato de plomo,

y á veces, aunque en muy corta cantidad, en la pirita de cobre, el

súlfuro de antimonio, la blenda, y en los arseniuros y sulfo-arseniuros de cobalto.

Plata nativa (plata blanca, plata vírjen).—Casi siempre diseminada, en pegaduras y chapas, en granos, hojillas, denticular, filamentosa, dendrítica, capilar &c;—y cristalizada en cubos ú octaedros. En la superficie sin lustre, á veces tomada de amarillento, parduzco ó negro; raspadura muy lustrosa; perfectamente dúctil, flexible: P. esp. 10,0 á 10,6. Rara vez pura, y casi siempre aleada con un poco de cobre y de antimonio. *Caracteres.*

Se halla casi en todas las minas de plata en Chile, con diversas formas y criaderos: así, en forma de hojillas muy delgadas, con súlfuro de cobre ó cobre abigarrado en las minas de San Pedro Nolasco, de Catemo, en varias minas del departamento de Combarbalá &c.; en granitos muy pequeños con protóxido de cobre en el cerro de Calabazo (Illapel); en forma de hilos con arsénico nativo y otros minerales arsenicales, en las minas de Tunas, del Carrizo, de San Félix y de Punta Brava en Copiapó &c; con formas dendríticas ó denticulares en medio de los cloro-bromuros de Chañarcillo; en granos de todo tamaño, con hidrato de hierro, cuarzo y arcilla en los *pacos y colorados* tanto en las minas de Chañarcillo y de Agua Amarga en Chile, como en las de Pasco en el Perú y en muchas otras en Méjico; tambien en granos gruesos y pequeños con el arseniuro de cobre ó arseniuro de cobalto, en las minas de Ladrillos, de Punta Brava y de San Antonio (Copiapo), y en cristales octaedricos muy hermosos en estas últimas.—(Véanse los minerales en el § siguiente).

Las formaciones mas curiosas de Méjico segun Del Rio, son la de Batopilas en grandes hojas, y la dendrítica de Tasco.

La plata nativa dendrítica ó denticular, la que se cria en medio de los cloro-bromuros de Chañarcillo, es perfectamente fina, tan pura como la que se obtiene de la reduccion del cloruro de plata artificial. La de San Antonio, diseminada en granos irregulares de diverso tamaño, dió en una analísis: *Composicion.*

Plata	0,981	
Antimonio	0,009	1,000.
Cobre —	0,010	

Otras dos variedades de plata nativa, una de la parte inferior de la Descubridora en Chañarcillo y la otra de la mina del Rosario del mismo cerro, dieron

	de la Descubridora	del Rosario
Plata	— — 0,959 —	— 0,942
Antimonio	— 0,041 —	— 0,058

La matriz de la plata nativa contiene las mas veces el brunoespato, el espato calizo, el sulfato de barita y algunos minerales de cobalto.

Plata sulfúrea. (Plata vítrea, plomo ronco, azul plomillosa, negrillo, petlanque negro).—Se halla en masas, diseminada, en chapas y pegaduras, denticular, dendrítica, ramosa &c; y cristalizada en cubos, octaedros y dodecaedros rombales. Color gris de plomo, tomado á veces de la cola del pavo real ó de hierro pavonado, lustre metálico; por fuera poco lustrosa, la raspadura muy lustrosa. Es algo dúctil, flexible, resistente; tan blanda que se deja cortar en virutas con el cuchillo, y tan fusible que se derrite al apuntar el calor rojo. Al soplete, por sí sola se reduce pronto en plata pura, con desarrollo de ácido sulfuroso. Es atacable por el ácido muriático con desarrollo de hidrójeno sulfurado; reductible por el hierro, el cobre y muchos otros metales mediante el calor; y por el mercurio á la temperatura ordinaria. No se descompone por el fuego, cuando no hay contacto del aire.

Consta de plata 0,8705
azufre 0,1295.

En Chile, se halla casi en todas las minas de plata de los departamentos de Copiapó, del Huasco y de Coquimbo, pero nunca en cantidad considerable, y nunca cristalizada. La de Chañarcillo se halla casi siempre denticular, embutida en las cavidades de otras especies minerales, y con la superficie negra, sin lustre; ó bien en granos muy finos, mezclada con cloruro de plata y rosicler obscuro, rara vez con cloro-bromuro. La de Famatina (Chillecito) en las provincias arjentinas, globulosa, ó estalactítica, con plata roja y plata nativa.

En Méjico, en todas las minas principales, como en Guanajuato, Zacatecas, Catorce &c.; en el Perú, en el cerro de Pasco; y en Bolivia, en Potosí.

Plata sulfúrea cuprífera (*plata dócil* de Del Rio).—Siendo el súlfuro de plata *isomorfo* con el protosúlfuro de cobre, se hallan estos dos súlfuros combinados en todas proporciones en la naturaleza. De esto resultan diversas especies minerales de plata y de cobre, que todas son de color gris de hierro que tira á gris de plomo obscuro, á ve-

ces tomado de azulejo obscuro; tienen estructura granuda de grano fino, otras veces hojosa encubierta, muy imperfecta, en hojillas curvas, que se cruzan en todas direcciones en medio del criadero; fractura concoidea plana, ó desigual. Son blandas, se dejan cortar con el cuchillo, dóciles. Al soplete, se funden fácilmente, y dan olor sulfuroso, sin producir sublimado alguno en el matraz ni en un tubo abierto; sobre carbon, se reducen en un globulito metálico, y con los flujos dan reaccion de cobre. Son atacables por el ácido muriático, con desarrollo de hidrójeno sulfurado. Se hallan comunmente en masas ó diseminadas; la que contiene un átomo de súlfuro de cobre Cu^2S por un átomo de plata AgS, se encontró cristalizada en prismas, que derivan del actaedro de base rectángula.

Esta última especie no se ha hallado hasta ahora en Chile: pero otras de menor ley en plata, constituyen la principal especie mineral en las minas de plata de Catemo, y en las de San Pedro Nolasco.

Las especies puras, enteramente separadas de sus criaderos, contienen

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Plata	0,529	0,288	0,241	0,166	0,121	0,030
Cobre	0,308	0,534	0,539	0,606	0,640	0,755
Hierro	0,003	—	0,021	0,023	0,025	0,007
Azufre	0,160	0,178	0,199	0,205	0,214	0,208
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

(1) De Schlangenberg, con cobre amarillo, espato calizo, piedra córnea &c.; descubierta y analizada por Hausman y Stromeyer.

(2) De San Pedro Nolasco, en Chile; con bruno espato, piedra córnea, galena y cobre gris arsenical;—es de color gris de acero, de estructura hojosa imperfecta; y se halla siempre mezclada con una arcilla gris cenicienta, que forma mas de la tercera parte del peso de los pedazos aun mas puros del mineral.

(3), (4) y (5) Provienen de las minas de Catemo, y son compactas ó de grano muy fino, intimamente mezcladas con una arcilla parecida á la de la anterior.

(6) De la misma localidad que la muestra (2); constituye la ma-

yor parte de los minerales de San Pedro Nolasco beneficiados por plata.—Es protosúlfuro de cobre, platoso.

Del Rio encontró minerales de la misma especie en Méjico, en Ramos; y tambien parece que los *negrillos* del Perú son de misma naturaleza.

Sulfuros dobles de plata y antimonio. Se conocen tres distintas especies de súlfuro doble de plata y antimonio, que son: (1) el *rosicler obscuro* (2), *la plata ágria* y (3) la *miarjiria.*

(1) ***Rosicler obscuro** (plata roja, nochistle y pellanque rojo de Méjico).*—Se halla en masas, diseminado, dendrítico y cristalizado. Su forma primitiva es un romboedro de 108° 30′; y entre las formas habituales se ven cuatro diversos romboedros segundarios, otros tantos dodecaedros de triángulos escalenos y un prisma exágono terminado por las caras de los romboedros ó bien por las pirámides de seis caras. De la combinacion de estas formas resultan cristales muy complicados. —Es de color rojo de cochinilla y gris de plomo obscuro, muchas veces negro en la superficie, pero en la fractura y la raspadura es siempre rojo de cochinilla mas ó ménos obscuro y de lustre de diamante. Su estructura es compacta ó de grano pequeno; y segun Philips á veces hojosa encubierta con cruceros paralelos al romboedro primitivo; fractura concoidea, pequeña, imperfecta, que pasa á desigual. Es opaco, ó un poco trasluciente en los bordes (los cristales á veces traslucientes), blando, quebradizo: P. esp. 5,83 á 5,9. Al soplete, chisporrotea algo sobre el carbon, se funde, árde y humea como el antimonio; en el tubo abierto da olor sulfuroso y un sublimado blanco de óxido de antimonio; el glóbulo que queda, despues de soplar algun tiempo, es de plata; en el matraz se funde sin descomponerse. Se resuelve facilmente por el ácido nítrico; pero el ácido muriático no ejerce casi accion alguna sobre él, á ménos que esté muy concentrado.—Se halla en vetas con plata *sulfúrea, ágria, dúctil,* antimonial, blenda, galena, cobre amarillo, espato calizo, brunoespato &c.; entra en la composicion de los principales minerales de las minas de Guanajuato, Zacatecas &c. en Méjico, de las de Pasco y Potosí, de las de Famatina en las provincias arjentinas &c. En Chile es ménos abundante que el *rosicler claro;* y solo se halla mezclado con plata sulfúrea y cloruro de plata en algnas minas de Chañarcillo.

(2) ***Plata ágria** (azul acerada* en Méjico, *plata ágria compacta*

de Del Rio).—En masas, diseminada y en cristales, que segun Rose son prismas de seis caras; y segun Philips, la forma deriva de un prisma rombal de 107° con un crucero doble, que forma ángulo de 104°.—Color negro de hierro ó gris de plomo obscuro; lustre semimetálico; estructura granuda de grano pequeño, á veces hojosa imperfecta; raspadura negra, polvo semimetálico gris obscuro; blanda y dócil. P. esp. 6,275.—Al soplete se funde, despide á veces olor de arsénico; los demas caracteres son los mismos que los del rosicler claro.

(3) *Miarjiria.* Es de color negro de hierro, opaco; lustre metálico, raspadura de un rojo de cereza. Su forma cristalina deriva de un prisma rombal oblícuo de 93° 56′, y cuya base forma con el eje un ángulo de 101° 6′: P. esp. 5,2 á 5,4. Es un mineral sumamente escaso: segun Del Rio se halla en las minas de Mejico no cristalizado, y siempre tomado de hierro pavonado.

Composicion:

	(1)	(2)	(3)
Plata	0,685	0,590	0,364
Antimonio	0,147	0,234	0,391
Cobre	—	—	0,011
Hierro	0,006	—	0,006
Azufre	0,164	0,176	0,219
	1,002	1,000	0,991

(1) Plata roja de Schemnitz en Ungría, (por Rose).
(2) Plata ágria de Sajonia, (por Bonsdorf).
(3) Miarjiria de Sajonia, (por Rose).

Rosicler claro, (súlfuro doble de plata y arsénico).—Se halla en masas, diseminado y cristalizado mas comunmente en pirámides que en prismas; las mas veces en dodecaedros de triángulos escalenos como el espato calizo, y formando, como en este, las aristas de la base comun un zigzaque, y apuntado ademas obtusamente con tres caras puestas sobre las aristas obtusas; y tambien en prismas como agujas, agrupados en ramilletes. Las pirámides rayadas paralelamente á las aristas en zigzaque de la base comun: cristales pequeños, lisos, muy lustrosos, traslucientes ó semitrasparentes, de color rojo de cochinilla, lustre de diamante. La restuctura es de grano muy pequeño, que tira mas á hojosa encubierta que en el rosicler obscuro; la raspadura tiene siempre color rojo de aurora;—es blando, dócil;

su p. esp. 5,4—5,6. Al soplete, en el matraz se funde, y se vuelve negro sin descomponerse ; en el tubo abierto se funde, humea un poco, y da sublimado blanco de ácido arsenioso : sobre el carbon despide un olor arsénical muy débil ; pero mediante un fuego de oxidacion muy activo, y sobre todo agregando un poco de sosa, se obtiene plata pura.

Corresponde por su composicion al rosicler obscuro con la diferencia de que en este el antimonio se halla reemplazado por el arsénico.

	(1) de Chile.	(2) de Annaberg por Rose.	(3) de Chile.
Plata	0,6385	0,6467	0,6633
Hierro	0,0096	—	—
Cobalto	0,0019	—	—
Arsénico	0,1385	0,1509	0,2018
Antimonio	0,0070	0,0069	—
Azufre	0,1800	0,1951	0,1311
Criadero	0,0160	—	0,0040
	0,9915	0,9996	1,0002

Esta especie se halla muy á menudo en las minas de plata de Chile : unas veces cristalizada en dodecaedros metastáticos muy hermosos, traslucientes y de lustre de diamante, como en la parte inferior de las vetas de Chañarcillo ; otras veces en masas y diseminada en medio del espato calizo ; ó bien en agujas muy pequeñas y cristales microscópicos dentro de los poros y las hojedades del arsénico nativo, del arseniuro ó del sulfo-arseniuro de hierro ; ó bien en cintas muy angostas embutidas entre las partes separadas del arsénico testáceo &c. Las principales minas en que se hallan todas estas variedades, son, á mas de las citadas vetas de Chañarcillo, las de Ladrillos y de Punta Brava en Copiapó y las del Carrizo y de Tunas en el departamento del Huasco. La muestra (1) cuya analísis se ha dado, proviene del Carrizo ; y es de color rojo de carmin claro, trasluciente en los bordes, no cristalizada. La muestra (3) provione de las minas de Ladrillos ; es de color negro en la superficie, y su raspadura de un rojo claro de ladrillos ; se halla en pequeñas masas, diseminadas en una

matriz de carbonatos, y es una mezcla de rosicler claro con el arsénico nativo.

Los compañeros mas constantes del rosicler claro y del rosicler obscuro son : el arsénico nativo, el arseniuro y sulfo-arseniuro de hierro, el cobalto arsenical, la blenda, el espato calizo, la plata sulfúrea &c.

Los mineros suelen equivocar el rosicler claro con el *oxidulo de cobre* (cobre rojo), con el *arseniato de cobalto* y con el súlfuro de mercurio (cinabrio), porque las tres citadas especies son casi del mismo color ; pero es fácil distinguir el rosicler por el modo con que se porta al soplete, ya sea sobre el carbon, sea en el tubo abierto, en el matraz ó bien con los flujos.

Súlfuros multíplices cobrizos.—

(1) *Cobre gris platoso* (*metal gris, fahlerz*). Tiene los mismos caracteres que el cobre gris antimonial (p. 85). Se halla en masas ó cristalizado en tetraedros piramidales, con las caras del tetraedro y del exaedro. Raspadura negra, sin lustre ; es blando y algo dócil. Su composicion varia mucho.—No se ha hallado todavia en Chile, pero sí en el Perú, segun Humboldt, en la mina del Purgatorio, en el Cerro de Hualgayoc.

Las especies de esta clase en Alemania constan segun Rose, de :

		de Venzel		de Freyberg
Plata	—	0,1771	—	0,3129
Cobre	—	0,2523	—	0,1481
Hierro	—	0,0372	—	0,0598
Zinc	—	0,0310	—	0,0099
Antimonio	—	0,2663	—	0,2463
Azufre	—	0,2352	—	0,2117
		0,9991		0,9887

(2) *Plata ágria cobriza (plata ágria hojosa, polybasite)*. En tablas exágonas rayadas á veces triangularmente con las caras laterales oblicuas, que corresponden á un romboedro ; crucero por la base ; color negro de hierro, mucho lustre y raspadura negra ; dócil ; al traves de hojillas delgadas ó cristales roja de sangre, y se parece mucho al hierro espejado. P. esp. 6,221.—Al soplete sobre carbon, no se forma pegadura ; se quema lentamente ; huele algo al arsénico, y retiene el azufre con mas tenacidad que la plata sulfúrea, dando un glóbulo gris obscuro, que se puede adelgazar con el martillo ; pero se rajan los bordes.

Esta especie se ha encontrado en varias minas de Méjico, y particularmente en Guarisamey, en Durango, en Zacatecas y Guanajuato.

Consta segun Rose la de Méjico de

Plata	0,6429
Cobre	0,0993
Hierro	0,0060
Azufre	0,1704
Antimonio	0,0509
Arsénico	0,0374

Sulfuros multíplices plomizos:—

Plata gris. En masas y diseminada, de color gris de plomo, lustre metálico; estructura granuda ó fibrosa; blanda; se deja cortar con un cuchillo; p. esp. 3,74 á 4. La que tiene mas plata, es de color gris claro, chisporrotea mucho, y es muy fusible.

Consta segun Klaproth de lo que sigue:

		La de color claro	—	de color obscuro
Plata	—	0,2040	—	0,0925
Plomo	—	0,4806	—	0,4100
Antimonio	—	0,0788	—	0,2150
Hierro	—	0,0225	—	0,0175
Azufre	—	0,1225	—	0,2200
Criadero	—	0,0725	—	0,0175
		0,9809		0,9725

Se halla casi siempre acompañada con la galena.

Plomo sulfúreo bismútico. Diseminado y en agujas: de color gris de plomo claro que se obscurece con el tiempo; poco lustroso; quebradizo; raspadura negra.—Al soplete sobre carbon deja óxidos de plomo y de bismuto y un globulito de plata. Es un mineral escaso y poco conocido.

Seleniuro.—Eucairita ó seleniuro doble de cobre y de plata. Es de color gris de plomo; lustre metálico; raspadura lustrosa; estructura granuda y cristalina.—Al soplete, se funde con fuerte olor de cóles podridas, dejando un globulito metálico, que no es dúctil: con plomo, da un globulito de plata. Es soluble en el ácido nítrico mediante el calor.

Consta segun Berselio de

Plata	—	0,3393
Cobre	—	0,2805
Selénio	—	0,2600
Criadero	—	0,1202
		1,0000.

Es sumamente escaso.

Telururo de plata. Se halla diseminado en una esquita talcosa verde en granitos pequeños con cruzeros. Es de color gris de plomo y gris de acero, muy lustroso; un poco mas duro que la plata sulfúrea; p. esp. 8,412. Al soplete sobre carbon, se funde en una masa negra en la cual se ven partículas dendríticas de plata; en un tubo abierto da un poco de sublimado blanco; con la sosa, da un glóbulo de plata pura. Es soluble en el ácido nítrico aun á la temperatura ordinaria.

Consta, segun Rose, de—	plata	0,8263
	teluro	0,1737
		1,0000

Es muy escaso, Rose fué quien lo halló en una mina de plata en Siberia.

Minerales que contienen cloro, bromo, ó iodo :—

Plata córnea (plata-plomo de Chile). Bajo este nombre se confundian hasta ahora varias especies enteramente distintas, tanto por sus caracteres exteriores como por su composicion; estas especies son : (A) *el cloruro,* (B) los cloro-bromuros, (C) el bromuro.

(A) *Cloruro ó plata córnea blanca.* -Es de color blanco, blanco agrisado : con el tiempo, sobre todo por la accion de la luz, se vuelve negruzca y al mismo tiempo algo violada ó azuleja; muchas veces se encuentra enteramente negra, aun cuando recien sacada de sus criaderos; y entónces parece que el color proviene de una pequeña proporcion de sulfuro de plata con que se halla mezclada.

Rara vez en masas ó pegaduras gruesas; por lo comun diseminada en granos irregulares y pequeños, en hojas muy delgadas ó películas encostradas; y tambien cristalizada en cubos ú octaedros, con esquinas ó aristas truncadas, que creciendo, forman el dodecaedro del granate.

Por dentro lustrosa ó poco lustrosa, de lustre de cera, que tira al diamante. Estructura compacta; fractura concóidea, plana, sin cruzero ninguno; pasa de fuertemente trasluciente á poco trasluciente en los bordes.

Muy blanda, flexible y maleable : se deja cortar con un cuchillo en virutas.—Conserva en la raspadura su color, aumentandose el lustre. P. esp. 5,64-5,67.

Se funde á la llama de una vela, despidiendo en humo el ácido

muriático; sobre carbon, se funde en un glóbulo que, segun su mayor ó menor pureza, varia de color; al fuego de reduccion, se convierte en plata metálica. Con la sal de fósforo agregando óxido de cobre, la llama toma un azul hermoso.

Es insoluble en el ácido nítrico, pero se disuelve muy fácilmente en el amoniaco.

Es volátil, y empieza á volatilizarse luego que está fundida. El hierro, el zinc, el estaño, el antimonio, el plomo, el cobre &c, la reducen por la via seca; el hierro y el zinc la reducen aun secos á la temperatura ordinaria; miéntras el plomo, el cobre, el arsénico, el antimonio, el mercurio, el estaño y el bismuto no la reducen á esta temperatura, sino cuando se hace humedecer la mezcla con agua, y todavia mejor, cuando se emplea para esto una disolucion de sal marina: dos metales aleados ó mezclados reducen el cloruro de plata mas pronto que cualquiera de los dos por separado.

Los álcalis y las tierras alcalinas reducen tambien con la mayor facilidad el cloruro de plata por la via seca con desarrollo de oxíjeno:—el carbon ordinario produce el mismo efecto, y aun el carbon calcinado, cuando hay contacto de vapor de agua.

Este mineral es identicamente de la misma composicion que el cloruro de plata artificial; y por lo mismo consta de

plata 0,7532
cloro 0,2468 $AgCl^2$.

(B) *El cloro-bromuro* (ó plata córnea verde), es de color gris de perla verdoso ó amarillento, á veces espárrago, pistacho ó amarillo de limon verdoso: con el tiempo, cuando se espone á la accion de la luz, se ennegrece, pero nunca se vuelve violado ni azulejo.

Se halla algunas veces en venas puras de 3, 4, hasta 12 líneas de ancho, *concrecionadas* ó estalactíticas en la superficie, traslucientes y de color gris de perla verdoso de poco lustre por fuera, de lustre de cera por adentro; otras veces diseminado en granos y partículas irregulares, ó en pegaduras y costras delgadas de color amarillo, ó verde amarillento; se halla tambien cristalizado en cubos y cubo-octaedros como el anterior:—los cristales, de color verde espárrago ó pistacho, por fuera lustrosos. P. esp. 5,31–5,43.

Con dificultad se disuelve en el amoniaco, necesitando para esto á lo ménos cuatro veces mas de este reactivo que el cloruro; pero se

ataca, y se descompone muy pronto por el hidrosulfato. Experimentado con el ácido sulfúrico y peróxido de manganesa en un matraz, despide vapor amarillo de bromo.

Es tambien mucho mas fusible y volátil que el cloruro; al volatilizarse se condensa en una masa amarilla.

Los demas caracteres son los mismos que los del anterior.

No se ha determinado todavia con bastante prolijidad la composicion de diversas variedades de esta especie. En jeneral, las que tienen color amarillo, y se hallan diseminadas en particulas muy irregulares, en costras y peliculas delgadas, contienen mas bromuro y por consiguiente una ley de plata menor que las que se hallan en venas anchas concrecionadas de color gris de perla verdoso.—Examinadas tres muestras de aquella variedad, dieron en repetidas analísis:

	(1)	(2)	(3)
plata	0,652	0,654	0,652
cloruro de plata	0,510	0,528	0,510
bromuro de plata	0,490	0,472	0,490

Las tres eran de las minas de Chanarcillo, de color muy hermoso amarillento; la (2) era acompañada con el arseniato de plomo, las otras dos con una pequeña proporcion de plata antimonial ó sulfo-antimonial. Antes de someterlas á la analísis se han purificado estas muestras de todas las sustancias estrañas, haciendolas hervir consecutivamente con los ácidos acético, oxálico y nítrico. Esta composicion se diferencia muy poco de la que tuviera por formula $AgCl^2 + AgBr^2$, que corresponde á 0,655 de plata.

Otras cuatro muestras analizadas del mismo modo, y escojidas entre las *venas*, casi de una pulgada de ancho y de color gris verdoso, dieron

	(1)	(2)	(3)	(4)
plata	0,679	0,670	0,690	0,671
cloruro de plata	0,729	0,656	0,814	0,664
bromuro de plata	0,271	0,344	0,186	0,336

La última (4) viene de Quillota, de la mina conocida bajo el nombre de *Mina del Comandante;* las tres primeras provienen del Cerro de Chañarcillo (*).

Todas estas *venas* como tambien las muestras anteriores son tan homojéneas y puras (algunas traslucientes como la cera) que seria imposible considerarlas como mezclas mecánicas; y segun toda probabilidad son verdaderos compuestos químicos. Algunas veces, cuando hay mezcla, se pueden distinguir á la simple vista las partículas blancas ó negras del cloruro de las verdes ó amarillentas del cloro-bromuro. Se hallan por ejemplo *papas* ó *riñones* de plata córnea, en que la costra exterior, como de una media pulgada ó mas de ancho, consta de cloro-bromuro diseminado en medio de una matriz arcillosa, ocrácea, y el interior, el *núcleo*, de cloruro negro mezclado con plata sulfúrea y plata roja.

(C) *Bromuro.*—Berthier á quien se debe el descubrimiento del bromo en los minerales de plata, encontró, hace dos años, en los minerales de San Onofre (mineral de plateros á 17 leguas de Zacatecas en Méjico) el bromuro puro de color verde aceituna, acompañado con el carbonato de plomo, arseniato de plomo, carbonato de

---

(*) *Sobre el modo de analizar los cloro-bromuros.*—Se han analizado estos minerales por el método de Berthier, que consiste en hacer dijerir la plata córnea en una disolucion de amoniaco é hidrosulfato de amoniaco. De este modo el mineral se descompone con la mayor facilidad; y tenemos:—(a) toda la plata al estado de súlfuro en un residuo negro con el criadero;—(b) el cloro con el bromo en las disoluciones amoniacales. Separado por filtracion el sulfuro, (a) se hace hervir con el ácido nítrico; se agrega agua, y despues de haber filtrado el licor, queda el criadero en el filtro, y la plata se hace precipitar por el ácido muriático; se recoje el cloruro, y se funde en una tazita de porcelana en la llama de una lampara de alcool. Por el peso de este cloruro se sabe el de la plata contenida en la sustancia analizada; y al mismo tiempo el peso del cloro-bromuro se deduce restando el peso del criadero del peso del mineral. Por otra parte, para verificar estos primeros resultados, se hacen hervir las disoluciones (b), se saturan con el ácido acético; y despues de haberlas evaporado casi hasta sequedad, se agrega agua, se separa el azufre por filtracion, y se precipitan el cloro y el bromo contenidos en ellas, por un peso conocido de plata fina disuelta en el ácido nítrico. Se puede calcular de antemano por los resultados anteriores cuanta plata ha de corresponder al bromo, y cuanta al cloro contenido en la disolucion, sabiendo el peso del cloro-bromuro, el de la plata obtenida de las operaciones anteriores, y sabiendo que el clo-

cal y de magnesia, hidrato de hierro, cuarzo y arcilla.—Este bromuro se halla diseminado en partículas pequeñas concrecionadas ó cristalizadas, en forma de octaedros regulares, truncados en todas sus esquinas y aristas.—La parte mas pura del mineral, ó la parte lavada (el relave) dió á Berthier

carbonato de plomo	0,200
arseniato de plomo	0,550
hidrato de hierro	0,018
cuarzo —	0,068
bromuro de plata	0,164
	1,000.

El bromuro puro separado de sus criaderos, consta de

plata	0,580
bronco	0,420

Todas las especies de plata córnea se hallan comunmente en la parte superior de las vetas; y las acompañan muchas veces la plata nativa, la plata vítrea y la plata roja. El criadero consta las mas veces de espato calizo, bruno-espato y arcillas ocráceas amarillas ó coloradas. Abundan particularmente en Méjico, en las minas de Cator-

---

ruro tiene 0,75 de plata y el bromuro 0,58. Entónces se toma primero un peso de plata fina que corresponde al bromuro, se la disuelve en el ácido nítrico; y echándola en la dicha disolucion de cloro y de bromo se obtiene un precipitado de bromuro de plata amarillento pálido, que por la accion de la luz se pone gris negruzco. Recojido este bromuro en el filtro, se echa en el mismo licor que ántes, otra cantidad de plata fina disuelta en el ácido nítrico, un poco mayor que la que corresponde al cloro; y se obtiene el cloruro, cuyo peso agregado al peso del bromuro ha de ser igual al peso del cloro-bromuro que se ha sacado por diferencia de la operacion primera; y como en el último licor queda todavía un exceso de plata, precipitándola por el ácido muriático y restando el peso de la plata que da este precipitado, del peso de toda la plata fina empleada en estas últimas operaciones, se saca con exactitud la cantidad de plata combinada con el cloro y el bromo en el mineral. De este modo dos veces en cada análisis se determina el peso de la plata contenida en el mineral, y dos veces el peso del cloro-bromuro: y si la operacion se hace con todas las precauciones necesarias, hay cuando mas 0,002 de diferencia en los resultados. Se advierte sin embargo que por este método solo se determina con exactitud la ley del cloro-bromuro; y de esto se sacan por cálculo las proporciones respectivas de cloruro y de bromuro.—Aunque en la precipitacion consecutiva del cloro y del bromo por la plata, el bromuro es el que precipita primero, la

ce; en el Perú, en las de Santa Rosa (provincia de Tarapaca), y en Pasco; en Bolivia, en el Cerro de Potosí; en Chile, en las minas de Chañarcillo.

Ioduro de plata.—Blanco agrisado por refraccion y blanco de plata en las caras pegadas íntimamente á la esteatita; las caras que estan al aire, de un gris de perla que tira á azul de espliego. Se halla en hojillas muy delgadas entre las comisuras de la esteatita, de lustre metálico las blancas, y de cera las grises. Fuertemente trasluciente; raspadura de lustre de cera y semimetalico: las hojillas flexibles sin elasticidad: no se disuelve en el amoniaco. Al soplete sobre carbon se derrite á la primera impresion del calor; y se pone rojizo, dando humo que tiñe la llama con un hermoso violado, y esparce en el carbon los globulitos de plata.

Lo descubrió en Albarradon junto á Mazapil en Méjico, J. M. Herrera. Vauquelin fué el primero que lo analizó.

Minerales carbonatados.—Todos son muy escasos.

(1.°) *Plata carbonatada.*—Selb ha encontrado en la mina Wenceslao, en Suabia, un mineral de color gris negruzco, lustre semimetálico, blanco, fusible, compuesto de

óxido de plata	0,725	
ácido carbónico	0,122	1,000
óxido de antimonio	0,153	

(2.°) *Cobre carbonatado platoso, (plata azul* de Catorce—cobre azul de espliego de Del Rio).—Del Rio encontró en Catorce un mineral, que segun su analisis, consta de

cobre	0,510
plata	0,194
óxido de hierro	0,065
óxido de plomo	0,186
ácido carbónico	0,045.

———

separacion no se hace completamente; y sucede por lo regular, que el primer precipitado contiene 0,60 a 0,61 de plata, miéntras el segundo, es decir el de cloruro, lleva 0,73 a 0,74. Se advierte tambien que, por mas que se trate de purificar de antemano el mineral por los ácidos acetico, oxálico y nitrico, sucede casi siempre que el cloro-bromuro retiene 0,001 a 0,002 de cal, magnesia, silice jelatinosa y de óxido de hierro, que se hallan íntimamente mezclados con el mineral; y como este es dócil, maleable, y cuando puro, es imposible reducirlo á polvo muy fino, resulta que estas sustancias no se disuelven en los ácidos, sino cuando ya todo el cloro-bromuro se ha descompuesto.

Segun Del Rio este mineral es de color azul de espliego obscuro, se acerca y pasa á veces á negro azulado; es tambien en partes verde aceituna y verdinegro. Se halla en masas y diseminado en tablas cuadrangulares y en agujas finísimas, que no tienen lustre. Su textura es desigual, pasando á igual y á terrosa; opaco; de lustre metálico en la raspadura; mas ó ménos dócil, poco quebradizo: P. esp. 4,14, segun Sonnenschmidt en el de Zimapan; 5,07 segun Del Rio en el de Catorce. Se cria con la malaquita y plomo terroso amarillo. Se funde muy fácilmente al soplete con mucha efervescencia en escoria verdinegra, pegandose al carbon óxido amarillo de plomo; y con borax da vidrio rojo con globulitos de cobre.

(3.°) *Plomo carbonatado platoso.*—Segun Berthier, la plata existe en algunos minerales de carbonato de plomo en tal estado, que se disuelve totalmente en el ácido acético; y por lo mismo debe hallarse al estado de carbonato.

Aleaciones.—

Plata antimonial. Es de color blanco de plata ó blanco de estaño; tomada á veces por fuera de amarillento ó rojizo;—por dentro lustrosa, lustre metálico. Se halla en masas, diseminada y tambien cristalizada, unas veces en prismas rectángulos, otras veces en prismas exágonos: adheridos por las caras laterales forman jemelos como la piedra de Aragon;—á veces en agujas. La superficie de los cristales rayada comunmente á lo largo, ó poco lustrosa. Estructura hojosa plana de varios cruceros. Blanda, algo dócil, poco quebradiza. P. esp. 9,44 a 9,82. Al soplete se funde fácilmente volatilizandose el antimonio: en un tubo abierto despide mucho humo de óxido de antimonio, y el grano se rodea de un anillo amarillento. Sobre carbon, despues de largo soplo queda la plata pura.

Klaproth ha analizado dos especies de plata antimonial, que le dieron

plata	—	0,823	(3. at.)	—	0,770	(1. at.°)
antimonio		0,177	(1. at.)	—	0,230	(1. at.°).

A mas de estas dos especies, la plata se halla en la naturaleza combinada en otras proporciones con el antimonio; y como hemos dicho en el artículo de la plata nativa, la de Chañarcillo contiene muchas veces 4 á 5 por ciento de antimonio. Merece sobre todo citarse un mineral que sale de la parte inferior (á una hondura como de 70 á 80 estados de la superficie) en la Descubridora de Chañarcillo, y

se parece por su aspecto exterior á la caliza granuda de grano muy fino y de color blanco obscuro, de fractura desigual. Este mineral es quebradizo, y se reduce á polvo muy facilmente en un mortero; frotado con el hierro, adquiere un lustre metálico; observado al microscopio, hace ver que consta de partículas cristalinas de caliza mezcladas con plata filamentosa crespa. La caliza consta

de carbonato de cal 0,964,
y carbonato de magnesia 0,036;

y la plata tiene 0,041 de antimonio. (Véase paj. 148).

Plata arsenical. Klaproth ha analizado un mineral de Andreasberg, que era de color blanco de estaño, blando, quebradizo y de una estructura granuda de grano fino, que pasaba á hojosa; y este mineral le dió

plata	0,1275	0,9610.
arsénico	0,3500	
hierro	0,4435	
antimonio	0,0400	

Pero, segun toda probabilidad, es una mezcla de arseniuro de hierro y de antimoniuro de plata; aun no está todavia suficientemente probada la existencia de esta especie. Los minerales arsenicales de plata, que son tan abundantes en algunas minas del Huasco y Copiapó, contienen toda su plata al estado nativo, ó bien al estado de rosicler claro, á veces de rosicler obscuro y de sulfuro. (Véanse los *minerales arsenicales* del § siguiente).

Amalgama nativa. Se conocen dos especies de amalgama nativa, que son (A) *Arqueria* (B). *Pella natural de Méjico.*

(A) *Arqueria.* Su color, lustre, estructura y los mas de sus caracteres son como los de la plata nativa, con la cual se habia equivocado por mucho tiempo.

Es un poco mas blanda que la plata nativa; su p. esp. es 10,8. Al soplete en un matracito, da un sublimado de mercurio, sin hervir ni saltar como la que sigue: introducida en el plomo fundido en una copela, salta y arroja gotas de plata que caen en los bordes de la copela. Disuelta en el ácido nítrico, si despues se agrega un poco de ácido muriático, se obtiene un precipitado blanco, que no se ennegrece con la luz.

Se halla comunmente diseminada en partículas y granos gruesos irregulares, á veces en racimos y masas; y tambien se ha visto cristalizada en octaedros regulares.

Consta de—plata 0,865 (6. at.)
mercurio 0,135 (1. at.)

1,000.

Se halla en abundancia en las minas de Arqueros en Chile, las que han producido en los 15 años desde su descubrimiento mas de docientos mil marcos de plata; y es la especie principal, casi la única que constituye los minerales de estas minas: no habiendo mas que una cantidad muy pequeña é insignificante de plata sulfurea, y de plata filamentosa antimonial, que á veces se hallan mezcladas con la arqueria. Su criadero es sulfato de barita, mezclado con carbonato de cal, y arseniato de cobalto.

(B) *Pella natural de Méjico.* Es de color blanco de estaño y de plata, segun tiene mas ó ménos plata. Se halla en pequeñas masas, formando cintas, diseminada y cristalizada en dodecaedros ú octaedros. Es lustrosa; de dócil á poco dúctil; quebradiza. En un matracito salta y hierve, dejando una masa algo esponjosa. Cuando mezclada con mercurio, es muy blanda. La que es cristalizada, consta, segun Klaproth, de

plata 0,36 (1. at.)
mercurio 0,64 (2. at.).

La *semilíquida* se cria con mercurio, y se halla accidentalmente: la *semidura*, en cintas con plata nativa, en pequeñas porciones, en una roca arcillosa, en Dos Puentes, donde se halla mas escasamente que la blanda.

§ 2°. MINERALES (METALES) DE PLATA EN JENERAL, Y EN PARTICULAR LOS DE CHILE.

Siendo los minerales de plata, en el estado en que se sacan de las minas y se benefician, unas mezclas de las *especies minerales*, que se acaban de describir, el conocimiento de la composicion de esos minerales y de sus criaderos es tan importante, sea para el beneficiador, sea para los ensayadores, como el estudio de las mismas especies.

Tomando en consideracion la naturaleza de los minerales y de sus criaderos, con respecto al beneficio que requieren en grande, y á la utilidad que se puede sacar de ellos, se podrán dividir en cinco clases los minerales de plata mas abundantes en Chile.

1.ª *Clase. Minerales de plata nativa y de amalgama nativa.*—A esta clase pertenecen todos los minerales de Arqueros y la mayor parte de los de San Antonio en Copiapó y los de Tunas en el Huasco.

Arqueros. *Los minerales de Arqueros* no contienen casi otra *especie mineral* de plata que la amalgama nativa; y esta se halla comunmente de grano tan grueso, que, cualquiera que sea la riqueza del mineral, las *harinas* (ó la parte terrosa que se lleva la corriente del agua en los trapiches) tienen por lo regular 0,01 á 0,012 (120 á 140 marcos por cajon) de plata; y lo demas queda en la *solera.* De esto tambien resulta que, mientras en otros minerales, la parte menuda ó mas desmoronadiza del mineral (los llampos), es mas rica que la parte dura, en los de Arqueros sucede lo contrario; y aunque el *metal de rancho* de estos últimos tenga 0,15 á 20 de plata (2,000 á 3,000 marcos por cajon), y el *metal de cancha* 0,008 á 0,015, los *llampos* tienen apenas 0,002 á 0,003 de plata. Muy rara vez se halla alguna mezcla de cloruro ó de súlfuro de plata en estos minerales: excepto los de la parte superior de las vetas del Cerro Blanco del Rodeito y del Arrayan, dondo á veces aparece en cantidad considerable la plata córnea, y excepto tambien algunos minerales de las labores mas hondas de la Descubridora, donde una parte de la plata se halla al estado de súlfuro mezclado con súlfuro de cobre y cobre abigarrado. En este último caso, el mineral cambia de naturaleza, y pertenece á la cuarta clase. La matriz de estos minerales es, como se ha dicho, casi enteramente compuesta de sulfato de barita mezclado con una pequeña cantidad de carbonato de cal, arseniato de cobalto y roca felspática.

San Antonio *Los minerales de San Antonio* se diferencian enteramente de los anteriores.—La plata se halla por lo regular en granos mas finos y aleada con un poco de cobre y de antimonio (paj. 147): en algunas partes entra tambien en composicion de los mismos minerales la plata sulfúrea, y á veces, aunque en muy pequeña proporcion, la plata córnea. La matriz es una roca arcillosa, cenicienta, con poco carbonato; pero los compañeros mas constantes son el súlfuro y el arseniuro de cobre, cuya composicion se ha citado (paj. 88). Es de observar que, aun en las partes mas ricas del mineral, el súlfuro de cobre contiene muy poca plata (0,001 á 0,0015), y el arseniuro nada.

Los minerales de Tunas, que tienen mucha plata blanca á la vista,

se hallan acompañados frecuentemente con el arseniato de cobalto y el arsénico nativo; y por el rosicler claro que suelen contener, pertenecen en gran parte á la clase de los minerales arsenicales.

A mas de estas minas muy conocidas en Chile, se hallan tambien en algunas partes, en los cerros altos de los Andes, vetas que producen minerales de esta clase; y entre otras se pueden citar—la veta de Copacabana en el Cerro de San Pedro Nolasco; unas vetas anchas en el cajon del plomo (Cerros de las Condes), en particular las del Serrano ó de Valenzuela, que dan un mineral enteramente compuesto de sulfato de barita, hidrato de hierro y cuarzo con una ley de 0,0006 (7 á 8 marcos por cajon); en fin, los crestones de muchas vetas, que en hondura producen cobre gris y galena, y cerca de la superficie de la tierra dan un mineral de hierro hidratado negro, cuarzo y carbonato azul de cobre, con plata nativa diseminada en partículas muy finas ú hojillas, con una ley que á veces sube hasta 0,0031 (40. M. p. C.)

Pero los minerales mas abundantes de esta clase se hallan en el Cerro de Pasco en el Perú, donde se citan masas inmensas de lo que llaman *cascajo*, que es una especie de cuarzo, con arcilla ocrácea amarilla y plata nativa, diseminada en proporcion tan pequeña y partículas tan finas, que la ley de estos minerales apénas llega á 0,0019 (27 M). Los pacos del mismo cerro, cuya ley media no pasa de la anterior, parecen á mas de la plata nativa, contener plata córnea, plata sulfúrea y plata roja.

2.ª *Clase. Minerales de plata córnea.*—Se comprenden en esta clase los minerales en que la plata córnea predomina: tales son los mas minerales de Chañarcillo. Rara vez la plata córnea se halla en ellos sin ser acompañada con plata blanca y una cantidad, á veces insignificante, otras veces bastante considerable de plata sulfúrea y de rosicler. En jeneral, la plata nativa que se halla en ellos, es diseminada en partículas muy menudas ú hojillas, de modo que toda se arrastra por la corriente del agua en los trapiches, y no queda nada de ella en la *solera*. Se citan sin embargo masas considerables halladas cerca de la superficie de la tierra, compuestas de plata nativa y plata córnea, entre otras la del manto de los Bolados, la cual despues de haber producido muchos quintales de mineral muy rico, dejo un núcleo de plata metalica que pesaba mas de 32 quintales.

Minerales de Chañarcillo.

Exceptuando estas masas, todos los minerales que se han sacado de las numerosas vetas del mismo cerro hasta la hondura de 30 á 40 estados, y en la parte elevada del cerro hasta la profundidad de mas de 80 estados, son en jeneral de cloruro, cloro-bromuro de plata mezclado con una arcilla ocrácea amarilla ó rojiza, y unos carbonatos multíplices de cal, hierro, magnesia, manganesa y zinc. La variedad mas comun consta de lo que llaman *los pacos;* y suele por lo regular tener en su mezcla ménos plata sulfúrea y rosicler que otros minerales de color negro, *los atabacados, los cenicientos &c.*

Parece que, en jeneral, miéntras los *pacos* y *colorados* contienen principalmente el *cloro-bromuro* diseminado en medio de los carbonatos y las arcillas, las demas variedades deben la mayor parte de su ley de plata al *cloruro.* Los primeros contienen á veces azogue, aunque en muy pequeña cantidad; y este metal debe hallarse en ellos al estado de cloruro ó de bromuro, porque se disuelve con facilidad en el ácido muriático. Una de las colpas mas ricas que hayan salido de la Descubridora, compuesta en parte de un mineral *paco*, que formaba la costra del pedazo, y en parte del mineral *negro* que formaba el centro del mismo, dió en una analísis—

	la costra	la parte central
cloro-bromuro	0,650	—
cloruro	—	0,559
antimoniuro de plata	—	0,151
mercurio	0,001	—
antimonio (?)	0,002	—
los carbonatos	0,175	0,145
arcilla ocrácea	0,172	0,140
	1,000	1,000

El antimonio contenido en este mineral, parece formar una especie distinta de las conocidas, y tiene

0,64 de plata,

0,36 de antimonio.

En jeneral, la composicion de los minerales de Chañarcillo es mas complicada de lo que indican sus caracteres exteriores. Un mineral muy particular bajo este respecto, homojéneo y de estructura granuda de grano cristalino, como son algunas variedades de caliza gra-

nada, de color gris ceniciento obscuro y de fractura llana, dió en una analisis

cloruro de plata	0,229
plata metálica	0,082
antimonio } azufre } —	0,006
carbonato de cal	0,397
carbonato de magnesia	0,018
carbonato de zinc	0,123
hierro, alumina	0,072
arcilla inatacable	0,051
	0,978

Este mineral proviene de la parte superior de la Descubridora, y á pesar de tener cerca de 24 por ciento de plata, no presenta nada á la vista; y se parece á cualquiera piedra estéril de los desmontes: solo frotandolo con hierro, se descubre lustre metálico en la raspadura, por lo cual se reconoce la riqueza del mineral.

Otra variedad conocida en Chañarcillo bajo el nombre de *metal ceniciento*, consta de

cloruro de plata	0,062
plata metálica	0,007
carbonato de cal, de magnesia, de zinc }	0,817
óxido de hierro	0,008
sílice jelatinosa	0,005
cuarzo	0,092

Pero, á mas de estos minerales de plata córnea y plata metálica cuya amalgamacion es tan fácil, se hallan en todas las minas de Chañarcillo muchas otras variedades que algunas veces deben una parte considerable de su riqueza á otras *especies* ménos *dóciles* y ménos conocidas que las anteriores. Estas especies son: 1.° *la plata sulfúrea* pura, denticular, á veces filamentosa, ó bien en pequeñas partículas, diseminada; 2.° *el rosicler obscuro*, diseminado en partes muy menudas; 3.° *el rosicler claro*, á veces cristalizado en cristales hermosos, traslucientes; 4.° *la plata antimonial*; 5.° en fin, un súlfuro de composicion mas complicada, (ó talvez una mezcla de plata sulfúrea, blenda y rosicler obscuro), de una estructura granuda, de grano pequeño, cristalino, de lustre metálico y de color gris de acero obscuro. Este súlfuro que se encuentra en las mas minas, aunque en pequeña cantidad, y parece muy homojéneo en su estructura.

pero nunca cristalizado, consta de

plata	0,497
zinc	0,166
antimonio	0,038
azufre	0,172
óxido de hierro y criadero arcilloso	0,127.

Sería difícil valuar en que proporcion se hallan en los minerales de Chañarcillo todas estas especies minerales de plata sulfúrea y antimonial, asi como las especies que ni se reducen por el hierro en las máquinas de amalgamacion, ni se amalgaman directamente, con las especies anteriores de plata *metálica* y *córnea.* Esta proporcion aun varia de tal modo, que, miéntras en la parte superior de las vetas, apenas son visibles el rosicler y la plata sulfúrea, estas especies aumentan en hondura; y á una profundidad de 70 á 80 estados aparecen masas de arsénico nativo y de arseniuros con mucho rosicler y plata antimonial. Con todo esto, ha sido considerable la cantidad de estas especies aun en la masa principal de los minerales que se han sacado en el Cerro de Chañarcillo, desde la superficie de la tierra hasta la hondura en que empiezan á predominar los minerales arsenicales y antimoniales. Basta observar que, aunque ha habido minerales de una ley de 700, 800, y de 1,000 marcos por cajon, la mayor parte de los que se han beneficiado hasta ahora, por el método de la reduccion en fondos de hierro, tenia 100 á 250 marcos; y tambien se beneficiaron algunos de 70 á 80 marcos. Se sabe que el hierro cuya accion es tan poderosa sobre la plata córnea, obra lenta y débilmente en la plata sulfúrea y de ningun modo en la plata roja, antimonial &c. Por consiguiente, casi toda la plata que se halla en *los relaves ó residuos* de amalgamacion botados en la máquina, proviene de estas últimas especies. Ahora, analizado el comun de tierras que provenian como de mil cajones de estos residuos, se ha hallado compuesto de

plata —	0,0019	0,9869,
carbonatos	0,3950	
hidrato de hierro	0,1400	
arcilla y cuarzo	0,1500	

lo que corresponde á una ley de 23 marcos; se ha adquirido, por otra parte, la certitud de que estos relaves no tenian casi ningun vestijio de cloruro ni de bromuro de plata. Admitiendo pues por ley media de los minerales beneficiados por este método, 450 á 160 marcos

por cajon, resulta que á lo ménos la 7.ª ó la 8.ª parte de la plata contenida en ellos, se hallaba al estado de plata sulfurea, plata antimonial, plata roja &c.

Los *metales* de Chañarcillo no son los únicos de esta República, que pertenecen á la clase de minerales de plata córnea. Las minas de Ladrillos y las de Agua Amarga han producido en tiempos pasados millones en esta misma especie, y sus criaderos han sido los mismos en todas partes. Tambien se encontraron, aunque en pequeña cantidad, los mismos minerales en las provincias del Sud, y en particular en la de Aconcagua, cerca de Quillota, y últimamente en el creston de una veta, en los cerros de la Dehesa, cerca de Santiago.

Las minas que en las Repúblicas vecinas mas se parecen á las de Chañarcillo, y han producido en abundancia minerales de la misma clase, son las de Huantajaya, en el Perú, (provincia de Tarapacá). Se puede citar la composicion de unas dos variedades que provienen de estas minas, y tienen sus análogos en las de Chañarcillo *Perú*.

		(1)		(2)
plata metálica	—	0,402	—	0,110
plata córnea	—	0,144	—	0,257
antimonio y arsénico		—	—	0,011
carbonatos de cal, magnesia &c.		0,418	—	0,527
óxido de hierro, arcilla &c.		0,036	—	0,095
		1,000		1,000.

(1) De color gris de ceniza, negruzco, sin lustre, en masas —(por Berthier).

(2) Del mismo color que la anterior, de grano muy fino, algo amarillento en la fractura recien hecha; pero luego se vuelve mas obscuro: frotada con el hierro, toma en la raspadura un lustre metálico. Proviene de una mina situada á tres leguas de Iquique.

3.ª *Clase. Minerales arsenicales, antimoniales y de plata sulfúrea.*—Estos minerales llamados comunmente en Chile *arsénicos*, se hallan en abundancia en algunas minas de las provincias septentrionales de esta República, y son de una composicion muy complicada y variable. Las especies minerales mas abundantes en ellas son las siguientes.

(1) *Arsénico nativo*—testáceo, compacto, granudo, á veces negro, poroso ó escoriaceo, liviano. Este último es el que suele ser mas rico, y en el cual so cria comunmente plata en hilos, filamentosa; y al con-

trario, el compacto, denso, muy pesado sin ninguna mezcla de otras especies ni criaderos, se halla las mas veces estéril ó de una ley de 10 á 14 marcos.

(2) *Arseniuro de hierro :*—Se distingue del anterior por el lustre metálico, gris de acero claro que no se empaña ni se ennegrece tan pronto como el del arsénico puro; y tambien por el residuo de sub-arseniuro de hierro que da en el matracito, miéntras el anterior se volatiliza casi del todo. El mas puro viene del Carrizo (en el Huasco Alto), y consta de

arsénico	0,703	
hierro	0,276	
azufre	0,011	
antimonio	indicio	
criadero	0,005	
plata	0,002	$Fe\,As^2$.
	0,997.	

(3) *Sulfo-arseniuro de hierro (mispíquel).* Muchas veces cobaltífero, unas veces granudo, otras veces hojoso ó fibroso, en masas ó diseminado en su criadero. Se distingue del anterior por la gran cantidad de sublimado rojo de rejalgar que da en el matracito, y se condensa inmediatamente encima del sublimado metálico del arsénico. En cuanto á la ley de plata de esta especie mineral, y del anterior, se observa casi lo mismo que se ha dicho sobre el arsénico : es decir que, miéntras mas densos, puros, y pesados son estos minerales, ménos plata tienen.

(4) *Rejalgar* ó súlfuro rojo de arsénico, de color rojo hermoso : se ha encontrado en los minerales de Pampa Larga. Los mineros lo confunden á veces con el rosicler claro del cual se distingue tanto por el color de su polvo que es amarillo, como por la propiedad de volatilizarse en el matraz ó sobre el carbon, sin dejar ningun residuo.

(5) *Arseniuro de cobalto :* á veces cristalizado en cubos con las esquinas truncadas; comunmente en masas y diseminado. Se distingue de los anteriores por el color azul hermoso que da al vidrio de borax en los ensayes al soplete. Un mineral de esta especie rico en plata, se halla en las minas de Punta Brava, y consta de

arsénico	0,4788
azufre	0,0004
cobalto	0,1180
hierro	0,0329
cobre	0,0312
plata	0,0079
níquel	indicio
criadero	0,3160
	0,9852

Es una mezcla de triarseniuro de cobalto con el arseniuro de cobre, arseniuro de hierro y rosicler claro. Este mineral es de color gris de plomo ; de estructura granuda ; despide olor de ajo al golpe del martillo ; y al soplete, en el matracito da un sublimado metálico y otro negro, sin ningun indicio de rejalgar. En medio de la misma especie se cria tambien la plata filamentosa, como en el arsénico nativo.

(6) *Sulfo-arseniuro de cobalto (cobalto gris).*—Esta especie en las minas de plata es ménos abundante que la anterior ; y al contrario, se halla en cantidad considerable en algunas de cobre. Sin embargo, una muestra de este mineral, mezclada con sulfo-arseniuro de hierro, dió en un ensaye 0,0193 (247 M. p. C.) de plata, y provenia de las minas del Huasco Alto.

(7) *Arseniato de cobalto* : parecido, por su color, al rosicler claro ; se halla las mas veces en agujas muy delgadas ; y acompaña casi siempre á las dos especies anteriores. Muchas veces, como en Tunas y en Arqueros se halla con el arseniato de cal, formando tal vez con este último una *sal doble*. Se puede decir que este mineral es el compañero mas constante de esta y de las dos primeras clases de minerales de plata ; pero nunca se halla en cantidad considerable.

(8) *Arseniuro y arseniato de cobre*, á veces el cobre rojo, el cobre sulfúreo y abigarrado (véanse los minerales de cobre). Estas dos últimas especies, como tambien el cobre gris, nunca se hallan en cantidad considerable con el arsénico nativo, con los arseniuros de hierro y otras especies de esta clase.

(9) *Antimonio nativo.* Esta especie se ha visto solo en los minerales arsenicales del Carrizo (Huasco Alto) ; y se halla en partículas ó clavitos pequeños, de color blanco de plata, diseminados. Se parece mucho á la plata nativa ; pero, no es difícil distinguirla de

esta, porque el antimonio es de estructura hojosa, muy quebradizo, y produce humo al soplete, miéntras la plata es dúctil, de contextura ganchosa, fina &c.—El antimonio nativo del Carrizo es perfectamente puro, sin ningun vestijio de plata ni de arsénico; conserva su color blanco y su lustre metalico, como el arsénico artificial.

(10) *Bismuto nativo.* Se parece al anterior por su estructura hojosa, su lustre metálico, y aun en parte por su color blanco; pero este color se halla algo tomado de amarillento, y en algunas partes de azulejo ó de los colores del pecho de paloma. El que se halla con el arseniuro de cobre en los *metales arsenicales* de San Antonio, es dócil, blando, de color blanco de plata, diseminado, en hojillas, ó partículas de estructura hojosa, de mucho lustre; y solo con el tiempo se empañan, y se vuelven algo amarillentas. Analizada la parte mas rica de una muestra de este mineral, es decir la que llevaba mayor cantidad de aquellas partículas metálicas, hojosas, blancas, dió

plata	0,601	1,000.
bismuto	0,101	
cobre	0,078	
arsénico	0,028	
criadero de cuarzo é hidrato de hierro	0,192	

Y como la misma muestra examinada al microscopio, no manifestaba otra cosa, en medio del criadero, que aquellas partículas blancas, hojosas, con otras tornasoladas de arseniuro de cobre, sin ninguna mezcla de granos de plata, es de suponer que la plata se halla aquí *alcada* con el bismuto, formando una especie mineral nueva, que no se ha descubierto en otras localidades.

(11) *La blenda, la pirita blanca y amarilla.*

Estas son las *especies* minerales metálicas que entran en la composicion de los minerales de plata arsenicales, llamados vulgarmente *arsénicos*, y en medio de los cuales la plata se halla diseminada al estado de

plata sulfúrea,
plata sulfo-antimonial (rosicler obscuro),
plata sulfo-arsenical (rosicler claro),
plata antimonial,
plata nativa.

Ya se ha dicho que, segun toda probabilidad, no existe en la naturaleza el arseniuro de plata puro, es decir, que este metal no se

halla directamente combinado con el arsénico, sino por medio del azufre. En realidad, se puede admitir por regla jeneral, que siempre, cuando la ley de los minerales de esta clase pasa de 0,008 (como de 100 marcos), ya se ve á la simple vista, ó al microscopio, en algunas partes del mineral la plata blanca, ó el rosicler: con mayor dificultad se distingue en igual caso la plata sulfúrea, que se puede equivocar con otras especies del mismo lustre.

Las minas que producen en mayor cantidad minerales de esta 3.ª clase, son las siguientes.

Chañarcillo. Los minerales que provienen de la parte mas baja de las vetas de este cerro, son arsenicales ó de plata sulfúrea; y las minas de donde se han sacado con mayor abundancia, son al mismo tiempo las mas hondas de todo el laboreo:—estas minas son la Descubridora y la de San José. Entre estos minerales podemos distinguir cuatro variedades principales.

(1) *Mineral de San José.*—No contiene casi nada de arsénico: la mayor parte de la plata se halla al estado de súlfuro, y lo demas al estado metálico; las especies minerales que la acompañan, son la blenda y la pirita: el criadero es blanco ó gris negruzco, sin arcillas ocráceas ó rojizas; y consta como de dos partes de carbonatos por una de cuarzo. La ley del comun de unos minerales de esta especie de la perte mas honda del laboreo, es 0,024 (307 Mar. p. C.). Su composicion:

plata	0,025
hierro	0,026
zinc	0,017
azufre	0,024
carbonato de cal	0,574
criadero cuarzoso	0,334
	1,000.

(2) *Mineral acerado de la Descubridora.*—Es de sulfo-arseniuro de hierro, con blenda, plata antimonial, plata metálica y plata sulfúrea. Su ley en unas muestras ha sido 0,0352 (450 M. p. C.), en otras 0,02198 (281 M. p. C.).

(3) *Arsénico de la descubridora.*—Consta de arsénico nativo casi puro, negro en la superficie, lleno de hojedades, en las cuales se ven cristalitos de rosicler claro trasluciente. La parte mas rica, es decir, la que tiene mas rosicler y cuyo polvo es de color rojo mas ó me-

nos subido, dió en tres analísis hechas sobre diversas muestras,

plata	0,097	0,225	0,210
hierro	0,111	—	—
antimonio	—	0,039	0,057
arsénico	0,755	0,644	0,703
azufre	0,037	0,071	0,030
criadero	—	0,021	—
	1,000	1,000	1,000.

Carrizo.—Los minerales análogos á los anteriores se han encontrado en las minas del Carrizo (en Huasco Alto).

Los acerados que son de arseniuro ó de sulfo-arseniuro de hierro, varian mucho de ley. Una muestra de arseniuro de hierro perfectamente puro, denso, lustroso, pesado, dió al ensaye solo 0,002 de plata (25 Mar.): el mismo arsénico mezclado con blenda y varios criaderos, de poco lustre y de grano fino, dió 0,0034 de plata (43 M.); en fin, otra muestra de sulfo-arseniuro de hierro con blenda y con mucho criadero, teniendo algunos clavos y granitos de plata nativa á la vista, se halló con una ley de 0,0728 (931).

Los minerales negros de arsénico de la misma mina suelen tambien tener una ley muy crecida. Constan comunmente de tres partes, que son: un arsénico compacto, muy denso, pesado á veces, testáceo; otro negro, liviano, escoriáceo, con cavidades llenas de cristalitos de rosicler claro; y en fin, el mismo rosicler en cristales mas grandes y en masas. La parte mas compacta es de arsénico nativo, que tiene — 0,0115 de antimonio
0,0041 de hierro,

y apénas algun indicio de plata; miéntras la parte escoriácea puede tener hasta la tercera parte de su peso de plata.

4.ª *Clase. Minerales de plata cobrizos.* Ya hemos dicho, tratando de los minerales de cobre (paj. 98), que, en jeneral, las minas de cobre situadas en la segunda cadena de cerros, en un terreno estratificado, *segundario*, lejos de la costa, dan minerales que son casi siempre mas ó ménos platasos. Entre estos minerales algunos se benefician por cobre en los hornos de reverbero, y se desprecia la plata que contienen, como son los mas minerales de cobre abigarrado y piritas del departamento de Combarbalá: otros se benefician, aunque muy imperfectamente, por plata, y se desprecia el cobre, como son algunos de cobre sulfúreo platoso de Catemo y de San Pedro N-

lasco, en fin, hay otros, como son los de cobre gris de Machetillo, de Rapel, de los Porotos &c., que, por tener antimonio y arsénico, y ser revueltos casi siempre con galena, no podrian beneficiarse con provecho por el método comun del pais, en hornos de reverbero, por cobre; ni tampoco por alguno de los métodos conocidos actualmente en Chile, se pudiera sacar de ellos toda la plata: por esta razon estos últimos se exportan en parte á Europa, y en parte se desperdician en los buitrones.

Para dar una idea de la ley de estos minerales y de la utilidad que con el tiempo el pais pudiera sacar de ellos, se va á citar el resultado de los muchos ensayes que se han hecho por la via seca, de las principales variedades de minerales de esta clase, en el laboratorio del colejio de la Serena.

(A) *Minerales de cobre gris.*	en diezmilésimas	en marcos por cajon.	
Cerro Blanco.—Cobre gris con galena de hoja ancha, criadero calizo,—mina abandonada:	0,0056	72	*Copiapó.*
Id.—De la misma mina:	0,0058	63	
Machetillo.—Especie pura cristalizada:	0,0250	320	*Coquimbo.*
Id.—Cobre gris con criadero sin galena: metales de mejor calidad:	0,0185	237	
Id.—Otra muestra, mezclada con galena:	0,0146	187	
Id.—El comun de *metales*:	0,0080	102	
Los Porotos.—Cobre gris mezclado con carbonato de plomo:	0,0032	42	
Id.—Cobre gris especie pura:	0,0060	77	
Andacollo.—Mina la Lajarilla.—Cobre gris arsenical de color gris de hierro obscuro con manchas de carbonato azul; lo mas puro:	0.0025	32	
Id.—Otra muestra de la misma mina:	0,0009	11	
Cordillera de Aconcagua.—Cobre gris con pirita de hierro y criadero de sulfato de barita:	0,0050	64	
Cordillera de Combarbalá, del Valle Hermoso.—Cerro de Alcaparrosa:	0,0014	18	
Rapel.—Manto de Valdivia.—Cobre gris antimonial; especie pura, sin ninguna mezcla de galena ni criadero:	0,0292	374	*Ovalle.*

		en diez-milésimas	en marcos p. c.
	Id.—Otra muestra, con criadero, sin galena :	0,0058	74
Santiago.	San Pedro Nolasco.—Cobre gris arsenical ; especie pura:	0,0030	38
	(B) *Minerales de súlfuro de cobre platoso.*		
Copiapó.	San Antonio.—Súlfuro puro, sin ninguna mezcla :	0,0100	54
	Id.—Otra variedad:	0,0010	13
	Id. —Mina de San José:	0,0003	4
Huasco alto.	Mina nueva en la estancia Lingaguas.—*Metal* que contiene 26 quintales 45 libras de cobre y mucha plata blanca en hojas muy delgadas:	0,0030	40
	De la misma mina.—*Metal* de 13 quintales de cobre sin plata nativa :	0,0020	26
	En el camino de Arqueros para el Huasco Alto, mina nueva ; súlfuro de cobre mezclado con galena:	0,0021	27
	Otra muestra de misma naturaleza:	0,0050	64
Coquimbo.	Arqueros.—Súlfuro de cobre puro, de la Descubridora :	0,0052	66
	Id.—Súlfuro en venas angostas, con baritina :	0,0017	22
	Id.—Mina de la Marquesa, súlfuro casi puro :	0,0034	43
	Id.—De la misma mina, otra muestra:	0,0047	60
Combarbalá	Mina vieja de San Lorenzo ; súlfuro casi puro :	0,0008	11
	De la Culebra ; súlfuro puro compacto:	0,0028	36
	Mina del Remolino, súlfuro de cobre de estructura hojosa imperfecta ; muy parecido á los súlfuros de cobre de San Pedro Nolasco :	0,0097	111
	Otra muestra de la misma mina y parecida al anterior : nada		
Aconcagua.	Catemo.—Especies puras.—Véanse en el § anterior ; paj. 149.		
	Id.—Mina de los Reyes.—Con criadero :	0,0841	1076
	Id.—Mina de la Fortuna ; súlfuro de cobre con galena :	0,0080	102
	Mina nueva en las inmediaciones de Catemo ; súlfuro mezclado con mucho criadero porfírico :	0,0108	162
Santiago.	San Pedro Nolasco.—especies puras.—Véanse en el § anterior, paj. 149.		
	Id.—Súlfuro mezclado con su matriz, sin galena:	0,0102	130
	Id.—Mas limpio :	0,0148	189

	en diez-milésimas	en marcos p. c.	
Id. Otra muestra, de la Palma:	0,0008	102	
Id.- Otra mas impura :	0,0038	48	
Id. El comun de metales de esta clase :	0,0036	46	
San Lorenzo.—Súlfuro diseminado en partículas muy pequeñas en medio del pórfido *abigarrado* ; mina de los Farellones :	0,0028	35	
Id.—El mismo súlfuro diseminado en una piedra compacta cenicienta, con pirita de hierro :	0,0026	33	
Mina del Socavon en el Cajon de Maipo cerca de Injénio ; súlfuro que contiene 0,011 de arsénico :	0,0008	10.	

(C) *Mineral de cobre abigarrado y de cobre piritoso (metales de bronce morado y de bronce amarillo) platosos.*

Los Sapos.—Cobre abigarrado ; de un color violado y azulejo obscuro ; de grano grueso ; con una matriz negra ; el mineral tiene 30 quintales de cobre por cajon:	0,0014	17	*Combarbalá*
Id.—Otro parecido al anterior, con una ley de 41 quintales 77 libras por cajon :	0,0018	23	
Mina del Carmen.—Cobre morado con plata nativa en hojillas muy delgadas :	0,0018	23	
Mina la Famosa:	0,0016	20	
Mina Santa Jertrudes :	0,0020	26	
El Parral.—Cobre morado de mucho lustre, mezclado con súlfuro de cobre acerado :	0,0038	49	
Id.—Parecido al anterior :	0,0033	42	
Catemo.—Mina del Manantial ; cobre morado parecido al de los Sapos, con mucha matriz de piedra :	0,0007	9	*Aconcagua.*
Id.—Mina de los mantos ; parecido al anterior solo con mas criadero:	0,0007	10	
Id.—La Fortuna ;—mezclado con galena:	0,0005	6	
Aculeo.—Cobre morado, de colores violados y morados muy hermosos ; mezclado con un poco de galena y con mas de la mitad de su peso, de criadero cuarzoso :	0,0008	11	*Santiago.*
Id.—Otro mas limpio, del mismo cerro :	0,0003	4.	

5.ª *Clase. Minerales de plomo platosos.*—Los minerales de esta

clase se hallan mas abundantes en Chile que los anteriores; y si no se saca hasta ahora casi ninguna utilidad de ellos, es porque su beneficio no se puede hacer por los métodos de amalgamacion conocidos en el pais, y requiere otros mas complicados, cuya introduccion no se ha realizado todavia. Una de las causas que influyen en esto, es sin duda, la falta de conocimiento de la verdadera *ley* de ellos, siendo esta ley tan variable, que en una misma mina, en los *metales* de la misma especie, la cantidad de plata aumenta ó disminuye, sin que los caracteres exteriores del mineral cambien visiblemente.

Por estas razones he creido útil publicar el resultado de los ensayes que se han hecho, de diversos minerales que provenian de diferentes partes de la República desde Copiapó hasta Santiago, con indicacion de sus principales caracteres mineralógicos. Pero, ántes de pasar á este asunto, se debe advertir que en esta inmensa masa de minerales plomizos de que se trata, hay algunos que, aunque tienen plomo á veces en proporcion considerable, se han de considerar como pertenecientes á la 1.ª ó á la 2.ª clase; y como tales, se pueden beneficiar por cualesquiera de los métodos de amalgamacion mas fáciles y sencillos. Estos minerales son los que contienen toda ó casi toda su plata al estado nativo de plata córnea, y todo su plomo al estado de carbonato, de sulfato, de arseniato &c. He aquí algunos ejemplos de lo dicho.

En la mas hermosa de todas las minas de Chanarcillo, la Colorada, se halla á unos 30 á 40 estados desde la superficie, un mineral de carbonato de plomo, mezclado con carbonato de cal, hidrato de hierro, arcilla de color gris negruzco, y amarillento, cuya plata se halla al estado de cloruro, y que, por consiguiente, con seguridad se puede beneficiar como cualquiera otro mineral de plata córnea de la misma mina. Una muestra de este mineral dió en una análisis

cloruro de plata	0,1602	1,000.
carbonato de plomo	0,0730	
carbonato de cal &c.	0,4418	
peróxido de hierro	0,1880	
arcilla y pérdida	0,1370	

En unas minas recien descubiertas y abandonadas, en la estancia de Chapilca, á unas 10 leguas de Elqui hácia la cordillera, se hallan minerales de plomo muy ricos en plata y tan *dóciles* al bene-

ficio, que con facilidad se ha sacado casi toda la plata de ellos por el método de amalgamacion ordinario, sin hacer uso del *majistral* ni de algun otro ingrediente.—Estos minerales eran *de color*, se componian de carbonato, sulfato, molibdato y arseniato de plomo, con muy poca galena; y tenian por criadero sulfato de barita y varias arcillas ocraceas. Dos variedades del mineral, la primera (1) de color gris negruzco, muy densa, pesada y homojénea; la segunda (2) de diversos colores, muy heterojénea, cavernosa, dieron;

	(1)		(2)
cloruro de plata	0,0026		0,0138
plata —	0,0253	—	0,0003
carbonato de plomo	0,1343	—	0,1690
carbonato de cobre	0,0170	—	0,0100
sulfato de plomo	0,3770	—	—
sulfato de barita, peróxido de hierro	0,4438	—	0,8069
	1,0000		1,0000

Los minerales plomizos de bromuro de plata de San Onofre en Méjico, analizados por Berthier (paj. 159), se hallan en el mismo caso.

Pasemos ahora á los minerales mas comunes, de plomo, sea de galena (soroche, plomo-de-bala), sea de carbonato, metales de color.

	en diez-milesimas	en marcos por cajon.	
Chañarcillo.—Mina San Felix: carbonato con galena—el comun:	0,0080	102	*Copiapó.*
Galena pura, de espejuelo ancho:	0,0110	140	
Id.—La Colorada; carbonato casi puro:	0,0238	305	
Id.—la Carlota; galena de hojillas angostas con mucho criadero:	0,0013	17	
Id.—Carbonato negro con arseniato:	0,0080	102	
Bandurrias.—Galena pura de hojas anchas:	0,0023	29	
Algarrobito.—Una mezcla de carbonato y galena:	0,0025	32	
Sapallo.—Galena de hoja angosta con cobre morado:	0,0038	48	
Garin.—En el camino de los Púquios; una mezcla de galena de hojas anchas con carbonato:	0,0156	199	
Galena de grano fino, mezclada intimamente con blenda:	0,0008	9	*Huasco alto.*
Otra igual, de grano mas grueso:	0,0012	15	
Otra de hojas muy anchas:	0,0004	4	

		en diez-milésimas	en marcos p. c.
Elqui.	Chapilca.—Carbonato, sulfato con plata córnea y plata nativa :	0,0109	139
	Id.—El comun de los anteriores :	0,0094	120
	Id.—Otro de misma naturaleza :	0,0033	43
	Id.—Otro mezclado con galena :	0,0018	23
	Id.—Otro mezclado con molibdato .	0,0144	184
	Los Porotos. -Carbonato de plomo cobrizo .	0,0033	42
	Id.—Carbonato negro con arseniato :	0,0018	23
	Paiguano.—Galena pura de hojas anchas, curvas:	0,0010	13
	Id.—Galena pura de hojas muy angostas :	0,0005	6
	Id.—Carbonato de plomo amarillento :	0,0007	9
	Machetillo.—Galena pura de hojas anchas :	0,0010	13
	Id —Galena pura fibrosa :	0,0010	13
	Id.—Galena en contacto con el cobre gris :	0,0020	26
	Id.—En una misma muestra ; de hoja ancha :	0,0010	13
	de hoja angosta :	0,0014	17
	Cordillera de Elqui.—Galena de hoja muy ancha :	0,0015	19
Ovalle.	Rapel.—Manto de Valdivia ; galena de grano fino lustroso, con algun vestijio de antimonio :	0,0054	69
	Id.—De la misma mina ; de grano muy fino :	0,0071	90
	Id.—Otra de grano fino con mucha matriz :	0,0051	65
	Mina nueva.—Galena de color gris de hierro obscuro :	0,0011	12
Aconcagua.	Catemo.—Mina la Fortuna ; galena granuda de grano fino lustroso :	0,0003	4
Santiago.	San Pedro Nolasco.—Corrida de San Simon ; galena granuda de grano fino, cuyo lustre se empaña muy pronto :	0,0034	43
	Id.—Otra igual de la misma mina :	0,0010	13
	Id.—Mina de las Zorras ; galena granuda de grano muy fino, casi compacta :	0,0003	4
	Id.—En las Vegas ; galena de hoja ancha lustrosa de color gris de hierro obscuro :	0,0010	13
	Id.—De la Palma ; en hojas anchas que se cruzan en todos sentidos :	indicio.	
	San Francisco en las Condes.—Galena compacta,		

	en diez-milésimas	en marcos p. c.
negra, con blenda y mucho criadero cuarzoso:	0,0037	47
Id.—Galena compacta casi pura con blenda:	0,0039	50
Id.—Otra de misma especie, mas comun:	0,0026	33
Id.—Otra hojosa, de hojillas medianas con criadero:	0,0010	13
Cerros inmediatos á la capital.—Galena casi compacta:	0,0024	31
Id.—La misma mezclada con otra de hojillas angostas:	0,0021	27
Id.—Galena de hojas anchas, planas, lustrosas:	0,0005	6.

Clasificacion de los minerales de plata por los mineros.

Los mineros y los beneficiadores de plata americanos distinguen comunmente entre los minerales de plata, cuatro clases de *metales*, que ellos llaman:

metales frios,
metales cálidos,
metales de plata blanca,
metales de soroche ó de fundicion.

Esta clasificacion, enteramente conforme con los principios de la clasificacion sistemática que se acaba de exponer, debe sus términos á los diversos métodos de amalgamacion, que se aplican á cada clase de *metales*; y para esplicar estos términos, como tambien para dar á entender la relacion que hay entre esta clasificacion de los mineros y la anterior, es forzoso entrar en algunos pormenores sobre la teoria de la *amalgamacion americana*, siguiendo en esto la opinion jeneralmente admitida por los químicos modernos.

Teoría de la amalgamacion americana.

Nadie ignora que todo método de amalgamacion consiste en unir con mercurio la plata esparcida ó diseminada en sus criaderos, con el objeto de trasformarla en una *amalgama*, que por su fluidez y su gran peso, se separa con facilidad de todas las tierras y sustancias pedregosas. Pero la plata no se *une*, no se combina con el mercurio (no se amalgama), sino cuando se halla al estado metálico, ó bien al estado de plata córnea: en el primer caso la union se verifica directamente, con tal que la superficie de los dos metales esté perfectamente limpia, y el grano de la plata no demasiado grueso; en el segundo, el mercurio se divide en dos partes: una de ellas se apodera del cloro ó del bromo de la plata córnea, y la otra se une con la

plata recien reducida : esta se recoje en la destilacion, aquella se pierde en el lavado. Ahora, toda la plata que no se halla al estado metálico ni al de plata córnea, toda aquella que se halla combinada con azufre, arsénico ó antimonio, es inaccesible á la accion del mercurio, y queda *mineralizada.*

Resulta de esto que el principal objeto del beneficiador es : 1.° buscar modos é ingredientes para destruir esta combinacion de la plata con el azufre, el arsénico ó el antimonio, y hacerla accesible al contacto inmediato del mercurio ; 2.° buscar modos é ingredientes para remediar aquella pérdida de mercurio, que resulta de la reduccion de la plata córnea por este metal, y para mantener la superficie de los dos metales perfectamente limpia.

Clasificacion de los minerales de plata por las mineras.

En los métodos americanos mas jeneralizados se emplean para el primer efecto, el *majistral* y la sal comun, para el segundo, el hierro, el plomo, la cal, ó la ceniza. ¿Cual es por consiguiente la accion de cada una de estas sustancias, y á que clase de minerales se aplica?

El majistral

El majistral no es otra cosa mas que sulfato de hierro (alcaparrosa) mezclado comunmente con sulfato de cobre. Para que sea *active*, le dan una pequeña *tuesta*, á fin de trasformar el sulfato de protóxido de hierro en sulfato de peróxido : en este estado, el majistral toma un color pardo, adquiere la propiedad de calentarse mucho, cuando se hace humedecer con agua ; y si se mezcla con sal comun (cloruro de sódio), resulta una descomposicion *doble*, dando lugar á la formacion de sulfato de sosa y de bicloruros de hierro y de cobre. Estos *bicloruros*, y sobre todo el de cobre, tienen la propiedad de ceder una parte de su cloro á muchos metales, aun á la temperatura ordinaria, y en particular al mercurio y á la plata ; sobre todo, cuando al mismo tiempo se hallan en presencia de un gran exceso de sal comun. En este último caso, los *bicloruros* ejercen una accion poderosa aun sobre la plata sulfúrea, y producen cloruro de plata, sulfuro de cobre, azufre y proto-cloruro de cobre : el mismo efecto producen tambien, cuando la plata se halla combinada al mismo tiempo con antimonio ó arsénico (rosicler). Resulta de esto que, cualquiera que sea la naturaleza del mineral, toda la plata se ha de trasformar en cloruro, mediante el majistral y un exceso de sal comun ; y si en este estado, la plata ya *clorurada* se pone en contacto con el mercurio, este último la reduce, orijinando protocloruro de mercurio

y amalgama : pero, si hay exceso de majistral, los bicloruros de hierro y de cobre, que se forman cediendo su cloro no solo á la plata sino tambien al mercurio, no dejan formarse la amalgama ; y los dos metales quedan al estado de cloruro.

El hierro, el plomo, la ceniza, la cal.

Por otra parte se sabe que el mismo efecto que produce sobre la plata córnea el mercurio, lo producen tambien el hierro y el plomo, es decir que estas sustancias apoderandose del cloro ó del bromo de la plata córnea, ponen este último metal al estado libre, y por lo mismo determinan su union con el mercurio ; y como, á mas de esto, las mencionadas sustancias son muy activas, ó tienen mayor afinidad con el cloro que el mercurio, resulta que no solo sirven para reducir la plata cornea al estado de plata metalica, sino que tambien impiden la formacion del cloruro de mercurio, y mantienen la superficie de este metal perfectamente limpia.

Se sigue de esto que el *majistral* es propio para los minerales que contienen plata sulfurea, plata antimonial, plata sulfo-antimonial y sulfo-arsenical ; miéntras el hierro y el plomo, son sustancias propias para la plata córnea.

En cuanto á la cal y la ceniza, aunque estas sustancias no reducen el cloruro de plata por la via húmeda y á la temperatura ordinaria, sin embargo, se emplean en el beneficio, en caso, cuando por haberse agregado un exceso de majistral, se forma un exceso de bicloruros de hierro y de cobre, que no solo hacen *clorurar* la plata, sino que tambien, cediendo una parte de su cloro al mercurio, impiden que este metal obre en el cloruro de plata y se una con ella. En este caso, la cal ó bien los álcalis contenidos en cualquiera ceniza, combinandose con el ácido sulfúrico del majistral, lo *neutralizan ;* luego se limpia la superficie del mercurio y la plata principia á amalgamarse.

Entendido esto, ¿qué cosa significa en términos vulgares, aquella division de minerales en *metales frios y metales cálidos?*

Los beneficiadores que conocen, en jeneral, mejor el uso y el efecto del majistral que las causas de su accion misteriosa, fijando su atencion en que el majistral, miéntras mejor es, mas se calienta, cuando se moja con un poco de agua, creen que lo que mas influye en la amalgamacion de la plata, es este mismo calor desarrollado por el majitral, y no alguna otra accion del mismo majistral sobre los

elementos que contituyen el mineral. Sabiendo á mas de esto, que todos los minerales que necesitan majistral para su beneficio, son los que pueden beneficiarse *por tuesta*, llaman estos minerales *frios*, por la razon de que en su beneficio *piden calor*.

Viendo tambien que un exceso de majistral produce en los *cuerpos* un defecto que solo se puede remediar añadiendo plomo, cal, ó ceniza, defecto que los beneficiadores llaman exceso de calor, y no es otra cosa mas que la cloruracion del azogue, el cual, por esto mismo ni puede *tocar* la plata, ni unirse con ella ; considerando, digo, todo esto los prácticos, dieron á los *metales*, que en lugar de pedir para su amalgamacion majistral, piden hierro, plomo, ceniza, ó cal, el nombre de *metales cálidos*.

Ya hemos dicho que la plata, que se amalgama mediante estos ultimos ingredientes, es plata córnea ; y la que no se puede amalgamar sino mediante una mezcla de majistral y de sal comun, es plata sulfúrea, plata sulfo-antimonial, sulfo-arsenical &c. : luego, se sigue de todo esto que los minerales, que los beneficiadores americanos llaman *metales cálidos*, son los minerales de plata córnea (2.ª clase) ; y los que llaman *metales frios*, son en jeneral los minerales (*ó metales*) de las tres últimas clases. Solo entre estas, los prácticos hacen una distincion muy importante y racional, formando una clase por separado de *metales de soroche*, que son, por lo comun, minerales de plomo platosos. En realidad, se sabe que la amalgamacion de estos minerales es todavia mas difícil, y ocasiona pérdidas de azogue mas considerables que la de los demas minerales ; y por otra parte, teniendo estos metales mucho plomo, cuyo metal es el ajente principal en todo beneficio de plata por fundicion, presentan estos minerales doble utilidad : primero, por la plata que tienen ; segundo, por el plomo que sirve al mismo tiempo de fundiente á cualesquiera minerales ricos, que no tienen plomo, y pueden beneficiarse por fundicion siempre con mayor ventaja que por amalgamacion.

Queda que agregar que, pudiendo la plata pura, la plata metálica unirse directamente con el azogue, sin que alguna otra afinidad impida esta union, es claro que la amalgamacion de los minerales de plata nativa no necesita majistral, ni hierro, ni plomo, ni cal, ni ceniza ; y solo se ayuda mediante la sal comun, cuya accion acelera las amalgamaciones, sea limpiando la superficie de los dos metales,

y disolviendo los cloruros, que se pudieran formar durante la operacion, sea sirviendo de conductor eléctrico á las masas que se amalgaman, y activando las afinidades entre la plata y el mercurio.

Recapitulando lo que se acaba de decir, se ve que los minerales que los mineros y beneficiadores llaman comunmente:

Metales cálidos, — son los de *plata córnea*; y se pueden beneficiar en máquinas de hierro, ó bien por patio, valiéndose del plomo, &c.;

Metales frios, — son los de plata sulfúrea, de rosicler, de plata antimonial, los súlfuros dobles y multíplices: en una palabra, los metales de la 3.ª y 4.ª clase; y todos se benefician *por majistral, por tuesta, por cazo, por fundicion*;

Metales de plata blanca, no son ni *frios* ni *cálidos*; no piden ningun otro ingrediente mas que la sal; y comprenden toda clase de metales, que tienen su plata en estado metálico, en estado de amalgama nativa, ó bien en aleaciones con oro;

Metales de soroche, — son minerales de plomo platoso, que no se han podido beneficiar hasta ahora con ventaja, sino por fundicion.

En que terrenos se crian los minerales de plata.

Lecho (gissement) de los minerales de plata.—Se han encontrado las minas de plata en Chile en toda la cadena de los Andes, desde Copiapó hasta las cordilleras de Rancagua; pero el lecho de estas minas se halla siempre en unos *terrenos segundarios, estratificados*, que principian comunmente á unas 10 á 12 leguas de distancia de la costa, y se estienden hasta lo mas alto de la cordillera. Estos terrenos constan unas veces de rocas calizas, ó arcillosas, pizarreñas con algunos restos orgánicos, con conchas y petrificaciones, otras veces, y esto es mas comun, de unos pórfidos arcillosos, abigarrados, que forman capas de diverso espesor, mantos y fajas. Las vetas corren comunmente de manifiesto en una altura, que casi siempre pasa de mil varas sobre el nivel del mar, y en algunas partes llega hasta dos y tres mil varas encima del mismo nivel. Los minerales varian de naturaleza segun la *latitud* y la distancia que separa las minas de la cumbre de la cordillera: en jeneral, los mas ricos se

hallan en el Norte, los mas pobres en el Sud; la plata córnea abunda en aquellos, la plata sulfúrea en estos: subiendo la ley de los minerales, á medida que nos avanzamos al Norte, parece que la cantidad de minerales disminuye; y que vice versa, disminuyendo la ley de los minerales, la plata se esparce en masas mucho mas considerables. Observando ahora el modo en que se hallan situadas las diversas minas de plata en una misma latitud, por ejemplo, en la parte septentrional de Chile, se ve que las vetas de plata córnea se hallan mas á la costa que las de minerales arsenicales y antimoniales; que, despues de estas, aparecen, mas al oriente, vetas cobrizas, con minerales de cobre platosos; y que todavia mas á la cordillera, empiezan á aparecer las de plomo platoso. En semejante órden suelen encontrarse las mismas variedades de *metales*, unos despues de otros, en un mismo cerro, ó en una misma veta, á medida que vamos bajando desde la superficie de la tierra hácia el centro. Los de plata blanca, de plata córnea, y de amalgama nativa se crian comunmente en la parte superior de las vetas, y rara vez bajan á mas de 60 estados: aparecen despues los *arsénicos*, los de plata sulfúrea y antimonial, el rosicler; y debajo de estos se hallan muchas veces los súlfuros cobrizos y la galena, las piritas, la blenda.

Matriz. En cuanto al criadero ó á la matriz de ellos, lo único que se puede decir, es que, en jeneral, mientras en los *metales* de cobre predominan las arcillas y el cuarzo, en los de plata son los carbonatos, el sulfato de barita, y el hidrato de hierro, los que constituyen la mayor parte de criaderos. Entre los carbonatos se debe citar sobre todo un *espato perlado*, que es un carbonato de cal, de manganeso, de hierro y de magnesia, cristalizado muchas veces en rombos muy pequeños, de lustre de perla, de color blanco, blanco amarillento, pardo ó rojizo, cuyo mineral aparece casi jeneralmente en todas las minas de plata. La barita es tambien el compañero mas constante de los minerales de plata, y es mucho mas abundante que el anterior: algo escasos son el carbonato de hierro, y el carbonato doble de hierro y manganesa. En fin, unas rocas compactas, segun parece, felspáticas, á veces porfíricas ó arcillosas, ocráceas, constituyen la parte pedregosa de los criaderos mas comunes de plata.

§ 3.° PRODUCTOS DE LAS ARTES

1. Productos del beneficio por fundicion;
2. Productos del beneficio por amalgamacion;
3. Aleaciones de plata con cobre, la moneda, la plata labrada;
4. Aleaciones de plata con oro. (Véase oro).

Fundicion. Cuando los minerales de plata contienen plomo ó cobre, se benefician en grande como si no tuviesen otra cosa mas que estos dos últimos metales; y se extrae despues la plata, sea del plomo, sea del cobre, sea de los ejes ricos. Se puede consultar, respecto de los productos metalúrjicos del cobre y del plomo, los artículos que tratan de ellos, p. 99 y p. 130.

Amalgamacion. Cuando los minerales de plata no contienen plomo, y contienen solo muy poco cobre, se benefician solo por amalgamacion; y esto se verifica por dos métodos distintos, que se llaman: 1.° *método europeo*; y 2.° *método americano* En Europa se calcinan los minerales que son siempre piritosos, en hornos de reverbero, con adicion de una octava ó décima parte del peso de los minerales de sal comun; se muelen, y se ciernen estas materias calcinadas; despues se les da vuelta con mercurio y pedazos de hierro en unos toneles; se separa la amalgama de las tierras por medio del lavado en los mismos toneles; se destila esta amalgama, y se refina despues la plata. El consumo del mercurio no pasa de 16 á 18 por ciento de plata, es decir, por cada 100 marcos de plata se pierden 16 á 18 marcos de mercurio. En América, donde se opera sobre masas inmensas, y en jeneral, escasea el combustible, rara vez se calcinan los minerales, y comunmente el beneficio se efectua á la temperatura ordinaria. Este beneficio, como hemos dicho, varia, y se modifica segun la naturaleza de los minerales; y en jeneral, tres metodos distintos se practican en Chile.

1.° Los minerales de plata córnea (metales cálidos) se benefician en unas tinas de madera con fondos de hierro, y la masa se menea con otras piezas de hierro movidas mediante una máquina; el beneficio dura 24 horas; y la pérdida de azogue es cuando mas 2 á 3 onzas por cada marco de plata, porque toda la plata córnea se reduce por el hierro y no por el azogue.

2.° Los minerales de plata blanca, y en particular los de amal-

gama nativa de Arqueros se benefician *por patio*, solo con sal y azogue, agregando á veces, al fin de las operaciones un poco de *pir* ó amalgama de plomo, para reducir el poco cloruro que los minerales tienen, ó que puede formarse durante la amalgamacion. El beneficio dura 6, 7, cuando mas 8 dias; y la pérdida de azogue no pasa de 4 onzas por cada marco de plata.

3.° Los minerales arsenicales, antimoniales, de plata sulfurea, de sulfuro de cobre platoso &c. (metales frios) se tratan de diversos modos:

Unas veces se tuestan con sal comun ó sin sal; despues se muele la materia calcinada, y se somete al beneficio por patio, como cualquier otro mineral.—Se entiende que la *tuesta* sin sal produce aquí un doble efecto: primero, destruyendo la combinacion de la plata con otros elementos, la dispone á unirse con el azogue; segundo, dando lugar á la formacion de los sulfatos de hierro y de cobre (por la pirita y por los súlfuros de cobre que se hallan comunmente en estos minerales), produce un verdadero majistral, el cual en el beneficio por patio, forma con la sal comun percloruros de hierro y de cobre; y mediante estos, se *clorura* la plata: en fin, John ha probado que en la tuesta sin sal, mas de la mitad de la plata se convierte en sulfato de plata.

En otras partes se benefician estos mismos metales por majistral, azogue y sal comun, sin tuesta, siguiendo el método mas comun del Perú y de Méjico.

En otras en fin, se *clorura* la plata de estos minerales *por patio*, meneandolos con sal y majistral cobrizo en unos montones; y despues se verifica la reduccion del cloruro en unas tinas grandes mediante el hierro y el cobre en presencia del mercurio.

En todos estos casos el beneficio dura mucho mas que en los métodos anteriores; se prolonga á veces en el Perú y en Méjico hasta 40 y 50 dias; y la pérdida de azogue sube hasta una libra por cada marco de plata.

El lavado ó la operacion que tiene por objeto apartar la amalgama del lodo metálico, se efectua tambien de varios modos: unas veces en las mismas tinas donde se hace el beneficio, se lavan las tierras, y se recoje la amalgama; otras veces se emplean para esto tinas á propósito, que tienen 2 á 3 varas de alto con un molinete adentro;

en fin, en otras partes se verifica el lavado en unas *maritatas* ó planos levemente inclinados, cubiertos de cueros, y entónces se apartan tambien las *lices* ó la parte mas pesada de los lodos metálicos, que se detiene en el pelo de los cueros, y se halla comunmente muy rica en plata y azogue.

En fin, separada y bien lavada la amalgama, se exprime en unas mangas de lienzo, y se destila *per descensum* como en el método europeo. sacada del horno la plata en este estado, se llama plata *piña;* y fundida despues en el horno de reverbero, toma el nombre de *plata en barra*.

Por consiguiente, los productos que mas interesan al beneficiador en todas estas operaciones del método americano, son:

(A) *Las tierras ó harinas de beneficio*, es decir, los minerales molidos que se someten á la amalgamacion.—No se pierde nada en la molienda de los minerales, en los *trapiches*, (ó como llaman en Méjico, *tahonas ó arrastres*). Solo se separan del *comun* de los lodos metalicos, la *plata gruesa*, la *amalgama nativa gruesa* y algunas veces las partes masisas y gruesas de *plata córnea* y de *plata sulfúrea*, que quedan comunmente en la *solera*, por causa de la maleabilidad y del gran peso de estas sustancias. Los minerales de Arqueros dejan en la *solera* unos *relaves* tan ricos, que su analísis dió en una ocasion *Metal molido.*

plata —	0,8070
mercurio	0,1305
arseniato de cobalto y algun indicio de sulfuros metálicos	0,0175
sulfato de barita —	0,0450
	1,0000;

y comunmente estos relaves no tienen mas que 7 á 8 por ciento de materias estrañas.

Las tierras que se someten á la amalgamacion por el método europeo en Freiberg, contienen comunmente 0,002 de plata (26 M.).

La riqueza media de todos los minerales de plata que se extraen de Méjico, y se amalgaman, es de 0,0018 á 0,0025 de plata (20 á 30 M. p. C.)—(Humboldt, ensayo politico &c.)

La Veta Grande de Zacatecas, cuya produccion en 9 años ascendió á 1,554,941 marcos, dió en estos 9 años segun Burkart:

2,353,142	qls. de mineral de	0,0013 á 0,0025	(16 á 32 M.)	de plata.
900,938	— —	0,0050 á 0,0100	(64 á 128 M.)	
42,525	— —	0,0100 á 0,0200	(128 á 250 M.)	
23,683	— —	0,0300 á 0,5000	(400 á 6000 M.)	

Las dos últimas clases han sido beneficiadas por fundicion, y las dos primeras amalgamadas.

La riqueza de los minerales de plata del Cerro de Pasco, segun D. M. de Rivero, es de 10 á 12 marcos por cajon en los mas pobres (en los pacos); y esta riqueza sube muchas veces en los demas hasta 400 marcos.

En Chile, la ley de los *metales molidos* que se benefician por amalgamacion, es muy variable :—en Copiapó, rara vez y pocos se benefician que tengan ménos de 0,006 (80 M.): las harinas del beneficio de Arqueros tienen comunmente 0,010 á 0,012 (130 á 150 M.); las de cobre gris de Machetillo 0,008 (100 M.); las de cobre sulfúreo de Catemo y las de San Pedro Nolasco 0,005 á 0,008 (64 á 100 M.).

Relaves. (B) *Los relaves que se botan, ó residuos de amalgamacion.*—Estos relaves contienen siempre plata y mercurio. La ley de plata pende por lo comun del método de amalgamacion que se ha aplicado al beneficio de los minerales, y de la prolijidad con que se han lavado las amalgamas. La plata se halla casi siempre en dos estados : la mayor parte de ella queda en estado de súlfuro, sulfo-antimoniuro, ó sulfo-arseniuro; y la otra parte, en estado de una amalgama *seca*, dividida en partículas muy menudas, livianas, que la corriente de agua arrastra.

Los residuos de amalgamacion de Freiberg, en Sajonia, no tienen mas que 0,0002 (2½ M. p. C.) de plata.

Los de Coquimbo, que provienen de la amalgamacion de los minerales de amalgama nativa de Arqueros, tienen ley de 0,0005 á 0,00055 (6½ á 7 M.); pero, cuando estos minerales contienen súlfuro, como sucede con algunos de la parte inferior de la Descubridora, la ley de los residuos de amalgamacion sube á veces hasta 0,0015 (19 M.).

La liz blanca que se pega á los cueros de las *maritatas* en el lavado de los residuos mas pobres, y en un lavado hecho con toda prolijidad, consta de globulitos muy menudos de amalgama, y dió en una analisis

plata	0,0015	(19 M.)
mercurio	0,0081	(52 libras p. C.).

La misma *liz*, pero salida de otro beneficio, volviendola á lavar en una tablilla (por el método indicado p. 4), se encontró compuesta de:

mercurio en estado de óxido		0,0085
mercurio metálico	—	0,4874
plata	— —	0,0131
sulfato de barita	—	0,4910
		1,0000.

Ya se ha dicho (paj. 168) que la riqueza media de los *relaves*, que se botaban, en el beneficio de los minerales de Chañarcillo hecho en fondos de hierro, era 0,0019. La ley de ellos varia segun la naturaleza de los minerales de cuyo beneficio provienen : rara vez baja de 0,001 ; y suceden casos en que llega á 0,005.

(C) *Plata piña y plata en barra.* Ya hemos dicho que la plata piña es la que se obtiene directamente de la destilacion de las amalgamas. Como en esta operacion la plata no se funde, y queda como porosa, mucho mas liviana que la plata fundida, resulta que retiene siempre 3 á 4 por ciento de azogue con plomo (cuando en el beneficio se ha empleado el plomo), y á veces con indicio de cobre. Su ley por consiguiente varia de 0,960 á 0,970, y rara vez llega á 0,980. ***Piña.***

Cuando el mineral deja, durante la molienda en la solera del trapiche, una cantidad considerable de plata gruesa, como sucede casi siempre con los *metales* de Arqueros, entónces se beneficia esta plata por separado, lavandola con azogue en una batea, refregandola bien, á fin de separar las piedras y partículas de tierras ; y se hacen de ella por separado *piñas*, que son unas aglomeraciones de partículas de plata, que nunca se habia amalgamado completamente, y que aun se disgrega en los dedos. Esta especie de piña se llama comunmente *piña de relave*, miéntras la otra, que proviene del beneficio por patio, ó de cualquier otro beneficio, se llama piña de beneficio. Aquella retiene comunmente 5 á 6 por ciento de materias estrañas, y su peso específico es 9,18 ; miéntras la otra no tiene casi nunca sustancias de la parte pedregosa de la matriz, pasa directamente á la copelacion, y su peso específico es 6,58. Analizadas las dos especies de piña, que provenian del beneficio de unos minerales de Arqueros, dieron ***Piña de relave y pina de beneficio.***

	Piña de relave.		Piña de beneficio.
plata — — —	0,945	—	0,965
mercurio con indicio de cobalto, de arsénico y de hierro —	0,036	mercurio	0,035
criadero insoluble en los ácidos	0,010	—	—
	0,991		1,000.

Barra. La plata fundida ó *plata en barra*, que proviene de la fundicion de las *piñas*, en Chile es casi fina; ménos, cuando estas salen de un beneficio por plomo, y sobre todo, cuando se emplea el plomo que contiene cobre, ó cuando los minerales tienen cobre nativo ó plomo, y se someten préviamente á una tuesta. Con esas excepciones, la mayor parte de las barras ensayadas dieron ley de 0,993 á 0,997 (11 din. 22 gr. á 11 din. 23 gr.).

Aleaciones de plata con cobre. Estas aleaciones son casi tan ductiles como la plata; y tienen siempre mayor dureza y mayor elasticidad: por esto se emplean para moneda y para toda clase de obras y adornos.

La ley de la moneda de plata en Chile y en todas las Américas ántes españolas, es de *diez dineros veinte granos*: lo que corresponde á

plata	0,9026
cobre	0,0974
	1,0000.

En cuanto á la *plata labrada*, todas las aleaciones, cualquiera que sea su ley, estan permitidas.

La ley de las aleaciones autorizadas en Francia, es la siguiente:

	de cobre	de plata
para la moneda de plata	0,100	0,900
para la de vellon —	0,800	0,200
para la plata labrada (vaisselle)	0,050	0,950
para las alhajas (bijoux)	0,200	0,800
para la soldadura —	0,120 á 0,330	0,880 á 0,670.

Seccion 2.ª

Modos de ensayar.

§ 1.º DIVISION DE LAS MATERIAS QUE CONTIENEN PLATA, EN DOS CLASES; EXPRESION DE LA LEY DE ELLAS.

Con respecto á los modos de ensayar, se deben dividir las materias que contienen plata, en dos clases:

1.° Metales en que la plata se halla mezclada ó combinada con las sustancias que no pueden pasar á la copelacion: tales son los mas súlfuros, seleniuros, arseniuros; las aleaciones con antimonio, estaño &c., las escorias, fondos de copela, litargirios; las materias que contienen mucho hierro ó alguna sustancia térrea &c.

2.° Materias que pueden inmediatamente ser copeladas: como son las aleaciones de plata con plomo, con cobre, con cobre y platino; el súlfuro, el seleniuro, la galena, el súlfuro de cobre, algunos arsenio-súlfuros y el cloruro.

En todos los ensayes de plata es preciso primeramente obtener este metal en aleacion con plomo, y copelar despues esta aleacion, para separar el plomo y otras sustancias estrañas que se puedan encontrar en la plata.

Antes de pasar á la descripcion de los diversos métodos de ensayar las materias que contienen plata, es de necesidad dar á conocer el modo como se expresa la *ley*, es decir la riqueza de estas materias.

Hay tres modos de expresar la *ley* ó la *riqueza* de las materias que contienen plata:—El primero, mas moderno, consiste en expresar esta *ley* en fracciones decimales de la unidad; y este modo es jeneral, se aplica á toda clase de materias, tanto á los *minerales*, como á las *pastas y aleaciones*.

El segundo modo, el que se usa jeneralmente en Chile y en toda la América, se aplica particularmente á los minerales y productos metalúrjicos, y consiste en expresar esta ley en número de marcos y onzas de plata contenidos en cada cien libras ó cada quintal de materia, ó en cada *cajon*, que se considera como peso de 64 quintales en Chile, y solo como peso de $62\frac{1}{2}$ quintales en el Perú.

Observacion.—Nada mas fácil que reducir una *ley* expresada en fracciones decimales, en otra expresada en marcos y onzas por cajon. Supongase que la ley del mineral en fracciones sea 0,002: esto quiere decir que en cada *unidad* de mineral hay dos milésimas de esta *unidad*, de plata: por cada mil libras (10 quintales) de mineral, dos libras de plata. Para reducir esta *ley* en marcos, diremos que, habiendo en cada libra de mineral, $\frac{2}{1000}$ de una libra de plata, lo que corresponde á $\frac{4}{1000}$ de un marco (porque 1 libra=2 marcos=16 onzas), resulta que en cada 100 libras ó quintal de mineral, hay $\frac{4}{10}$ de un marco de plata, y por consiguiente, en un *cajon* que vale 64 quintales, hay $64\times 0,4$M=25 marcos 5 onzas de plata. Ahora, para transformar una

ley expresada en marcos y onzas en otra en fracciones decimales, es preciso reducir el número de marcos y onzas á libras y fracciones decimales de una libra, y despues, dividir esto por 6400.

El tercer modo de expresar la ley de las meterias que contienen plata, se aplica á las *pastas*, es decir, á las aleaciones de plata con cobre, de plata con plomo, de plata con plomo y cobre &c.—Este modo admitido jeneralmente en España y casi en toda América, tiene por base lo siguiente :—*miéntras la ley entera de la plata fina se divide en el sistema decimal en mil partes iguales. la misma ley de plata fina por el método antiguo se divide en* 12 *dineros, y cada dinero en* 24 *granos.* Se entiende que en este caso los dineros y granos no son unos pesos determinados, sino partes de una unidad, y sirven para expresar en que proporcion se halla la cantidad de *fino* ó de *plata fina* contenida en una pasta con respecto á la cantidad total de la plata.

He aquí la tabla de comparacion de los dineros y granos con las fracciones decimales.

Dineros.	Decimales.	Granos.	Decimales.
1= 24	0,0833	24	0,0833
2= 48	0,1667	23	0,0799
3= 72	0,2500	22	0,0764
4= 96	0,3333	21	0,0729
5=120	0,4167	20	0,0694
6=144	0,5000	19	0,0660
7=168	0,5833	18	0,0625
8=192	0,6667	17	0,0590
9=216	0,7500	16	0,0556
10=240	0,8333	15	0,0521
11=264	0,9167	14	0,0486
12=288	1,0000	13	0,0451
		12	0,0417
		11	0,0382
		10	0,0347
		9	0,0312
		8	0,0278
		7	0,0243
		6	0,0208
		5	0,0174
		4	0,0139
		3	0,0104
		2	0,0069
		1	0,003472

Observacion.—Si en defecto de tabla de comparacion, se quiere reducir la ley expresada en decimales en otra en dineros y gramos, el cálculo se ejecuta por medio de una simple regla de proporcion.—*Ejemplo :* se pregunta ¿cuantos dineros y granos dará una plata de 0,800 de *fino* ó puro? Dígase : 1000 es á 12 como 800 es al número que se busca,=9,6 ; es decir que la plata dará nueve dineros y seis décimos de dinero. Pero, como no son décimos de dinero lo que se busca, sino granos; para convertir estas fracciones de dinero en granos, es menester multiplicarlas por 24, qué es el número de partes en que se divide el dinero : y dividiendo en seguida el producto que es 144, por 10, dará 14,4 ; resultando que la plata será de 9 dineros, 14 granos, 0,4.—Si se pregunta ahora ¿cuantas milésimas dara la plata de 11 dineros 9 granos? Se dirá : 12 es á 1000 como 11 dineros 9 granos son al número que se busca. Redúzcanse desde luego los 9 granos á fracciones decimales, multiplicandolos por 10, hasta que resulte un producto que pueda dividirse

por 24; y pónganse ántes del cuociente tantos ceros como veces se habrá multiplicado por 10 el número de la fraccion. Se tendrá en este caso 0,375, que añadidos á los 11 dineros, hacen 11,375, los cuales multiplicados por 1000, darán 11,375; y este producto dividido por 12, dará 0,9479 por cuociente, ó, mas sencillo, 0,948. La plata será pues de 0,948 de fino.

§ 2.° MATERIAS DE LA 1.ª CLASE, QUE NO PUEDEN COPELARSE DIRECTAMENTE.

Para separar la plata de las materias de la primera clase, y hacerla entrar en una aleacion con plomo, se emplean varios métodos, los cuales se ejecutan:

(A) *por fundicion, con flujo reductivo;*
(B) *por fundicion con flujos oxidantes;*
(C) *por escorificacion;*
(D) *por amalgamacion.*

(A) *Fundicion con flujo reductivo.*

Se funden con flujo reductivo, por ejemplo, con flujo negro todas las sustancias que contienen plomo, y en las que el plomo está al estado de óxido; como son los minerales de carbonato, de fosfato de plomo &c.; las escorias, los fondos de copela, los litargirios &c. Todas las materias que contienen súlfuro de plomo con plata, se ensayan por plomo por medio de uno de los métodos que hemos indicado (paj. 136) para ensayar las materias plomizas de la 2.ª clase, teniendo cuidado de escojer el método que produce la mayor proporcion de plomo: porque la experiencia ha probado que, aunque la mayor parte de la plata se reconcentra en las primeras porciones de plomo que se separan, queda siempre cierta cantidad de plata en los ejes ó en las escorias; esta cantidad es muy pequeña, pero á veces notable, y tanto mayor cuanto mas plomo retienen estas materias.

Se pueden ensayar como por cobre todos los minerales de cobre que contienen plata, y producen cobre puro ó casi puro; porque el cobre aleado con plata pasa inmediatamente á la copelacion por medio del plomo.—Se funden tambien con un flujo reductivo todas
Litargirio. las materias que contienen plata sin plomo, pero mezclada ó combinada con óxidos que no son reductibles, ó bien con óxidos cuyos metales no pueden dañar á la copelacion: en este caso, es preciso

añadir cierta cantidad de litargirio que pueda producir plomo metálico, con el cual debe alearse la plata. Se puede sustituir á esta mezcla de flujo reductivo y de litargirio, otra de plomo metálico y un flujo cualquiera; pero la primera mezcla es preferible, porque el plomo que produce, estando diseminado uniformemente en toda la masa y al estado naciente, se apodera mejor de todas las partículas de plata.

El reductivo que se emplea ordinariamente en esta especie de ensayes, es el carbon puro ó bien el flujo negro. Se le puede sustituir el almidon ó bien otras sustancias análogas, que hemos citado tratando de los reactivos. La proporcion que se ha de emplear, debe variar segun las circunstancias, de manera que el plomo obtenido no sea demasiado rico en plata, y no se produzca demasiado plomo. Cuando el plomo que sale de un ensaye, es demasiado rico, se ha de temer que se pierda plata en las escorias: si al contrario se obtiene una gran proporcion de plomo, la copelacion de este plomo exijirá mucho tiempo, y se perderá mucha mas plata que si la cantidad de plomo fuese menor: la práctica da á conocer las mejores proporciones, teniendo presente que 1 parte de carbon produce como 30 partes de plomo con litargirio, y que 1 parte de flujo negro produce con el mismo litargirio 1 parte de plomo.

Flujos. En cuanto á los flujos, se emplean el litargirio, el flujo negro, la potasa, ó borax. El litargirio es un flujo muy cómodo, porque ocupa poco espacio, se funde sin hervir, y produce escorias muy líquidas con toda clase de sustancias. La experiencia ha probado que todas las piedras, arcillas y sustancias que contienen mucho hierro, se funden muy bien empleando 8 á 12 partes de litargirio. Si á mas de este se añade á la mezcla $\frac{1}{2}$ p. á 1 p. de flujo negro, ó $\frac{1}{50}$ á $\frac{1}{25}$ de carbon por 1 p. de mineral, el ensaye en jeneral tiene buen éxito, y se obtiene $\frac{1}{2}$ p. á 1 p. de plomo con plata.

Litargirio.

Flujo negro. El flujo negro sirve de fundiente para todas las sustancias, que no contienen demasiada alumina, ó bien en las que no predomina la cal: 2 á 3 p. de este flujo bastan ordinariamente para fundir; y se añade entónces 1 p. de litargirio para producir plomo.

Potasa. La potasa bruta (conocida en el comercio con el nombre de potasa perlasa) produce el mismo efecto que los álcalis caústicos. Los ensayadores del comercio suelen emplear este reactivo, porque se

consigue muy facilmente; y al mismo tiempo añaden al ensaye una cierta cantidad de carbon en polvo.

Borax. El borax tiene tambien como el litargirio la ventaja de ser un flujo universal; sobre todo, es bueno para fundir las materias, que contienen mucha cal; pero necesita mucho cuidado para evitar la pérdida que pudiera provenir de la efervescencia.

Los ensayadores de Paris suelen ensayar las cenizas de los plateros del modo siguiente: se toman 25 gramos de estas cenizas todavia húmedas, y se mezclan con 15 gr. de litargirio, 15 gr. de potasa y 15 gramos de borax. Se echa todo en un crisol, y se lo calienta, teniendo el crisol destapado, miéntras la materia esté hirviendo; despues, cuando ya cesa de hervir, se tapa el crisol, y se aumenta el fuego para que se funda completamente la mezcla. A veces, ántes de retirar el crisol del fuego, echan sobre la materia fundida cierta cantidad de litargirio. Ordinariamente no es necesario añadir reductivo alguno, porque estas cenizas estan mezcladas con mucho carbon: en caso que fuesen blancas, sin carbon, seria preciso añadir flujo negro ó carbon molido. Schlutter prescribe fundir los fragmentos de crisoles muy ricos con 0,70 de litargirio y 0,30 de plomo en granitos, y despues volver á fundir las escorias con flujo negro, porque sucede casi siempre que estas escorias retienen plata.

(B) *Fundicion con reactivos oxidantes.*

Litargirio. Los reactivos oxidantes que se emplean en los ensayes de los minerales de plata, son el litargirio y el salitre. Se sabe que el litargirio ataca todos los súlfuros, arsenio-súlfuros &c., oxidando todos los elementos de que constan estos minerales, si se emplea en cantidad suficiente. Se reduce una cantidad de plomo proporcional á la cantidad de las materias oxidables, de modo que resulta del ensaye una escoria en la que predominan el óxido de plomo y una aleacion de plomo y plata, que por lo comun contiene muy poca cosa de metales estraños, excepto cobre, y puede pasar inmediatamente á la copelacion. Este modo de ensayar es muy cómodo. Se mezcla el mineral

Operacion. con litargirio; se coloca todo en un crisol, que se puede llenar casi enteramente, porque casi nunca hay efervescencia; se echa por encima una capa delgada de litargirio puro; se calienta rápidamente, y se retira el crisol, luego que esté perfectamente líquida la materia.

No se debe mantener por mucho tiempo el crisol en el fuego, porque el litargirio tiene la propiedad de corroer la arcilla, y no tardaria en agujerear el crisol. La proporcion de litargirio que se ha de emplear, pende de la naturaleza y de la proporcion de las sustancias oxidables contenidas en el mineral : debe ser, en jeneral, muy grande; porque se ha reconocido que, para que la plata no se pierda en las escorias, es necesario hacer de modo que no quede ningun vestijio de súlfuros en ellas ; y se sabe que se necesita mucho litargirio, para descomponer completamente los súlfuros metálicos. Así las piritas exijen hasta 50 p. ; el sulfo-arseniuro de hierro, la blenda, el súlfuro de antimonio, la pirita de cobre, el cobalto gris, el cobre gris, 25 á 40 veces su peso ; el súlfuro de bismuto, 10 p. ; la galena y el súlfuro de plata, 4 á 5 p. de litargirio. Se entiende que no se necesita tanto litargirio para los ensayes de minerales que contienen mucho criadero, como para los que constan casi enteramente de sustancias metálicas. Así ha probado la experiencia que se ensaya muy bien la parte lavada de un mineral, ó bien cualquier mineral que se beneficia en grande por amalgamacion, fundiéndolo con 10 á 12 p. de litargirio.

Proporcion de litargirio.

Se pueden tambien ensayar por medio del litargirio las aleaciones de plata con los metales muy oxidables, como son el hierro, el zinc, el antimonio, el estaño : pero, para que la operacion tenga buen éxito, es preciso reducir las aleaciones en partículas muy finas, ó en unos granitos ; y á veces se necesita repetir la misma operacion con la nueva aleacion de plomo que se obtiene.

Aleaciones.

El modo de ensayar que acabamos de describir, tiene en jeneral el inconveniente de producir demasiado plomo ; así las piritas producen 8½ p. de este metal ; la pirita de cobre y la blenda, 7 p. ; el súlfuro de antimonio y el cobre gris, como 6 p. &c. Se evita este inconveniente efectuando en parte la oxidacion por el salitre. Un exceso de salitre puede oxidar todas las sustancias combustibles y metálicas, que se encuentren con la plata, y aun en algunas circunstancias cierta cantidad de plata misma : pero, cuando este reactivo no se halla en proporcion suficiente para oxidar todo, y al mismo tiempo hay en la mezcla litargirio, el salitre es el primero que principia á obrar en los súlfuros ; y despues que este ha producido todo su efecto, viene el litargirio á obrar sobre las sustancias, que quedan todavia por oxidarse, y pueden absorber el oxijeno. De esto resulta cierta canti-

Salitre.

dad de plomo, que se alèa con la plata, y aun impide la oxidacion de esta pequeña proporcion de plata, que se hubiera oxidado por el salitre, si no se formase la alcacion de plata con plomo. Se puede, pues, empleando una proporcion conveniente de salitre y litargirio, extraer toda la plata de un mineral oxidable, y obtener el metal aleado con una proporcion de plomo tan pequeña como se quiera. En cuanto á la determinacion de la mejor proporcion de salitre, es preciso examinar la naturaleza del mineral, y variar esta proporcion segun las

Proporcion. circunstancias : así las piritas de hierro necesitan mas de $2\frac{1}{2}$ p. de salitre para oxidar completamente todos sus elementos; el sulfuro de antimonio necesita $1\frac{1}{2}$ p. : la galena, $\frac{2}{3}$ p. Se puede, por otra parte, determinar la mejor proporcion de salitre del modo siguiente. Se

Operacion. hace fundir 1 p. de mineral con 30 p. á lo ménos de litargirio, y se pesa el plomo que resulta de esta fundicion : en seguida, habiendo determinado aproximativamente por la ley de plata que se supone en el mineral, cuanto plomo se necesita sacar del ensaye, para que el boton de plomo que se va á copelar, no sea demasiado rico, ni la copelacion demasiado larga é incómoda, se saca por diferencia cuanto plomo se debe dejar en las escorias al estado de óxido : y como se sabe por experiencia que 1 p. de plomo necesita 0,25 á 0,30 de salitre para oxidarse, es fácil calcular cuanto salitre se debe emplear para obtener la proporcion de plomo mas conveniente para el ensaye. Cuando hay azufre en el mineral, se produce sulfato de potasa, que sobrenada en las escorias; y solo esta parte de potasa que proviene de la descomposicion de la sal por los metales oxidables, es la que obra como flujo.

Ventajas. En muchas ocasiones se hace muy ventajoso y cómodo este modo de ensayar las materias, que contienen plata. Supóngase que queremos determinar con mucha exactitud la proporcion de plata contenida en una galena muy pobre; se puede fundir una gran cantidad de esta galena, por ejemplo, 100 gr. ó mas con 30 á 40 gr. de salitre y 100 gr. de carbonato de sosa, ó mejor con 100 gr. de litargirio : uno y otro de estos dos últimos reactivos no sirven para otra cosa mas que para fundir los criaderos, y templar la efervescencia, miéntras la plata se reconcentra en una pequeña cantidad de plomo.

A veces se hace el ensaye con una cantidad de salitre mayor de la que se necesita para oxidar completamente el mineral; despues,

cuando ya está bien fundida la mezcla, se introduce plomo metálico, teniendo cuidado de cubrir con este plomo toda la superficie de la materia fundida; para esto se emplea plomo reducido á granos ó á unas hojas bastante anchas; ó bien, se hace uso de una mezcla de litargirio y de carbon, ó de litargirio y de galena. La lluvia de plomo metálico, que atraviesa las materias fundidas, se apodera de todas las partículas de plata diseminadas, y las reune en una aleacion. Sin embargo, no se debe siempre tener mucha confianza en este proceder; porque en caso que hubiera un exceso de salitre en contacto con algunas sustancias que pudiesen producir un peróxido capaz de *atacar* (de oxidar) la plata, como son las sustancias, que contienen cobre, el plomo añadido reduciria la mayor parte de la plata que se habia convertido en óxido; pero pudiera suceder que tambien quedase un poco de plata al estado de óxido sin reducirse. *Salitre y plomo.*

Se pueden citar por ejemplo los ensayes que se hacen por este método, del súlfuro de antimonio y de sustancias que tienen níquel *Súlfuro de antimonio.*

100 p. de súlfuro de antimonio,
100 de carbonato de sosa,
140 de salitre,

se fundieron perfectamente bien, y todo el súlfuro se atacó sin proyeccion ántes de fundirse.—Puesta despues en el baño una hoja de plomo que pesaba 40 p., se ha obtenido 30 p. de plomo con toda la plata que habia contenido el mineral.

El plomo que se obtiene fundiendo las sustancias que contienen níquel, con litargirio, nunca es bastante puro para que pase inmediatamente á la copelacion, aun cuando se empleen 20 p. de litargirio: este plomo retiene 0,04 á 0,05 de níquel, de arsénico y de azufre, que forman en la superficie del baño una costra, la cual no desaparece hasta el fin de la operacion, y hace ahogar el ensaye. Por esto, seria necesario escorificar el plomo ántes de someterlo á la copelacion. Pero se puede hacer todavia mas pronto el ensaye fundiendo estas materias (por ejemplo las que se recojen en el fondo de los crisoles, donde se prepara el esmalte ó el azul de cobalto) con 10 p. de litargirio y 2 p. de salitre, y cubriendo despues el *baño* con 1 á 2 p. de plomo estirado en una lámina: la oxidacion se verifica en totalidad por el salitre, sin efervescencia; y dando un fuerte golpe de fuego, se vuelven las escorias muy líquidas. El plomo que se obtiene, se apodera de toda la plata, y se copela sin dificultad. Se puede reem- *Materias que contienen níquel.*

plazar las 2 p. de salitre con 3 p. de nitrato de plomo.

3.° *Escorificacion.*

La escorificacion, del mismo modo que la fundicion con el litargirio, tiene por resultado de producir una aleacion de plata y de plomo capaz de pasar á la copelacion, y una escoria muy fusible, que se compone de óxido de plomo y de todas las sustancias contenidas en el mineral, trasformadas en óxidos, excepto la plata. Pero en la fundicion, es el litargirio el que hace oxidar estas materias; y de la reduccion del litargirio proviene todo el plomo que entra en la aleacion; miéntras que en la escorificacion todas las materias se oxidan por la calcinacion con el contacto del aire, y el litargirio mismo se produce por la oxidacion en parte del plomo metálico, que se habia añadido. Para ejecutar esta operacion, se emplean unas cápsulas ó tazas redondas de tierra refractaria, que se llaman *escorificatorias*, y se calientan en la mufla de un horno de copelacion. Se pueden hacer en un mismo tiempo tantos ensayes como escorificatorias quepan en la mufla; en Freiberg ponen hasta 30 de una vez.

Operacion. Antes de introducir las escorificatorias en el horno, se coloca en cada una de ellas un peso determinado de mineral reducido á polvo; se mezcla el mineral con plomo reducido á granos pequeños, y se calienta fuertemente por un cuarto de hora, teniendo la puerta de la mufla cerrada; fundido el plomo, se disminuye el calor, y se da acceso al aire, abriendo las puertas. Con la corriente que luego se determina, principia la calcinacion del mineral; y esta calcinacion se ejecuta sin que haya necesidad de revolver continuamente la materia, como se ha de hacer, cuando se calcinan algunas sustancias, que han de quedar al estado de polvo. Por efecto de la oxidacion se forman en el baño metálico unas escorias, que se llevan á los bordes, y aumentando sucesivamente, acaban por cubrir del todo la superficie metálica: se dice entónces que hay *relámpago.* Estas escorias, que muchas veces al principio de la operacion se hallan duras y sólidas, se ponen despues mas y mas blandas, y al fin se vuelven enteramente líquidas, porque, á medida que la operacion avanza, la proporcion de óxido de plomo aumenta tambien considerablemente. Cuando se cree que la escorificacion está al concluirse, se sonda la materia con un corchete de hierro, se la ajita para agregar á la masa las partes duras ó pastosas que pudieran pegarse al fondo del vaso ó en los bordes; y

luego después se aumenta el fuego, á fin de liquidar las escorias lo mas completamente posible. Se reconoce que ya son bastante líquidas, cuando sumerjiendo en la escoria un alambre de hierro enrojecido por el fuego, la extremidad del alambre se cubre con una película tan lijera, que no pueda formarse ni una sola gota sólida en la punta. Esta condicion es indispensable para que los globulitos metálicos puedan todos reunirse en una sola esferilla. Cuando las escorias no son bastante líquidas, y esto proviene de que no se ha escorificado bastante el mineral, se debe continuar la operacion sin agregar cosa alguna ; pero si esto sucede por falta del plomo ó del flujo, es menester añadir entónces una nueva cantidad de estas sustancias, ó mejor, volver á hacer el ensaye con proporciones mas convenientes. Concluida la operacion, se retira la escorificatoria de la mufla, y se echan las materias fundidas en un molde hemisférico de hierro : las partes metálicas caen al fondo ; y como se enfrian repentinamente, no se pegan al molde, y producen una esferilla cubierta de escorias. Estas se separan fácilmente con el golpe del martillo, y deben ser vítreas, muy homojéneas, de un color pardo amarillento ó verdoso. Es preciso examinar si no contienen granallas metálicas. La esferilla metálica debe ser tan dúctil como el plomo puro ; sin esto no pudiera pasar á la copelacion, y se necesitaria someterla á una nueva escorificacion. Si la operacion se prolonga demasiado, se ha de temer que el litargirio que se forma, corróa el vaso, y lo agujeré : para que las escorificatorias resistan mejor a la accion del litargirio, es bueno refregarlas interiormente con cal ó peróxido de hierro. El plomo que sale de esta operacion, debe pesar como 15 gr., cuando se ensayan minerales de ley ordinaria ; y la operacion no debe durar mas de una hora : muchas veces se efectua en media hora.

En los ensayes, que exijen mucho cuidado, se distinguen tres períodos en la operacion ; es decir, la *calcinacion*, la *fundicion* y la *escorificacion*. Se principia por calentar mucho la mufla ; pero se abre la puerta, tan pronto como se haya fundido el plomo. Se vé entónces que el mineral siendo mas liviano que el plomo metálico, sobrenada en la superficie del baño, y empieza á calcinarse : en este momento, por el color de los vapores se puede reconocer la naturaleza de las sustancias que se oxidan. El azufre produce vapores de un pardo claro ; el zinc, vapores blancos, espesos y una llama blanca, bri-

llante ; el arsénico, vapores de un color blanco parduzco ; el antimonio, vapores rojos &c. Cuando ya no se desarrolla humo, y desapareciendo el mineral, se descubre la superficie del plomo metálico, es prueba de que la calcinacion está terminada : este período ha de durar como 18 á 20 minutos. Se aumenta entónces por un rato el fuego, para hacer entrar las escorias en una fusion completa. Se reconoce que ya están fundidas, por las señas siguientes : al momento que se abre la mufla, la esferilla de plomo se pone de un color rojo blanquizo con una cintura gris-negruzca ; se elevan del baño unos vapores de plomo de un blanco claro, y la escoria está formando un anillo al rededor del baño metálico : es precisamente el tiempo en que principia el tercer período. Se enfria el horno como durante la calcinacion, y se continua la escorificacion del plomo, hasta que el baño se cubra enteramente con óxido fundido : este último período dura ordinariamente por quince minutos. Al fin, se vuelve á aumentar el fuego por 5 á 6 minutos, y se echa la materia fundida en el molde.

Ventajas. La escorificacion se aplica á todas las materias, que contienen plata, sin ninguna excepcion ; y al mismo tiempo es el modo mas exacto de ensayar : es tambien un método mas cómodo, cuando tenemos que hacer muchos ensayes de una vez, y podemos tener continuamente una mufla bien caliente en un injénio, donde se benefician los minerales de plata.

Cuando las materias que se ensayan, tienen mucha piedra, el óxido de plomo que se forma por la calcinacion, se combina con esta piedra, y la hace fusible, miéntras la plata se combina con lo restante del plomo. Si estas materias son metálicas, los metales óxidables absorben el oxíjeno del aire ; y los óxidos que de esto resultan, forman con el litargirio, que se produce al mismo tiempo, un compuesto, que se funde luego que la cantidad de litargirio aumenta hasta cierto punto ; y si la escorificacion se ha hecho de un modo conveniente, no queda metal alguno con el plomo, ménos la plata, y un poco de cobre, que nunca puede impedir la copelacion.

Lo que hay de particular en la escorificacion, es que, por pequeña que sea la proporcion de plomo que se añade, nunca al fin de la operacion queda indicio alguno de oxisúlfuros en la escoria. En realidad, estos oxisúlfuros, aunque se pudiesen formar durante la operacion, se descompondrian siempre por la calcinacion : se sigue pues

de allí que muy rara vez sucede que las escorias tengan plata. Ahora, con respecto á la proporcion del plomo, basta emplear solo la cantidad necesaria para liquidar las escorias, y formar una esferilla de peso conveniente para copelar. Hemos visto que al contrario, cuando se ensayan los súlfuros y los arsenio-súlfuros por el litargirio, es preciso emplear 30 á 50 p. de litargirio por una de mineral, para evitar que las escorias contengan unos oxisúlfuros en combinacion; porque en este caso retendrian al mismo tiempo una cantidad notable de plata.

Plomo y borax.

Todas las escorificaciones pueden ejecutarse añadiendo solo plomo; sin embargo se ha reconocido que la operacion se efectua mas pronto, y los vasos se agujerean mas difícilmente, empleando al mismo tiempo borax. Esta sal disuelve los óxidos á medida que se van formando; y al mismo tiempo obra sobre el criadero, y constituye con estas materias unas escorias, que se ponen líquidas desde el principio de la operacion: lo que no sucede, cuando se hace uso solo del litargirio; porque este no se halla en proporcion suficiente para liquidar las escorias, sino cuando ya está adelantada la escorificacion. La proporcion de plomo y de borax que se necesitan para efectuar la escorificacion, varia mucho segun la naturaleza de las sustancias, que se ensayan; y se debe aumentar tanto mas cuanto mas difíciles de fundir son los óxidos, que se forman en la escorificacion. En los casos mas comunes se emplean 16 p. de plomo y 1 p. de borax vitrificado, pero algunas veces se necesitan hasta 32 p. de plomo y 3 p. de borax: una gran proporcion de borax es útil, sobre todo, para las materias que contienen mucha cal, mucho óxido de zinc ó de estaño.

Proporcion de plomo.

Hay sustancias que se escorifican muy fácilmente con una pequeña cantidad de plomo. Así, la galena y el súlfuro de cobre no necesitan mas que 2 p. de plomo; sin embargo, se emplean algunas veces mas de 8 p. de plomo, cuando el mineral contiene mucho criadero. El cobre gris arsenical se escorificaria muy bien con 6 á 7 p. de plomo; pero es mas seguro emplear un poco mas de este metal. Resulta de los experimentos hechos en Harz, que, para escorificar el antimoniuro de plata, si se agregan 8 p. de plomo, se pierde $\frac{1}{140}$ de plata en las escorias; agregando 16 p. de plomo, se pierde $\frac{1}{200}$ poco mas ó ménos de plata; pero, añadiendo á las 16 p. de plomo 3 p.

de borax, las escorias no contienen plata, y el ensaye es perfectamente exacto Es muy difícil separar el estaño de la plata por la *via seca* : para esto, el mejor modo consiste en calcinar la aleacion en una escorificatoria, en añadir despues 16 p. de plomo y 3 p. á lo ménos de borax, y continuar la operacion, como de costumbre : algunos ensayadores aconsejan de añadir $\frac{1}{2}$ p. de limadura de hierro, diciendo que de este modo se verifica con mayor facilidad la escorificacion.

4.° *Amalgamacion.*

Hay cierto número de materias que contienen plata, y se pueden ensayar por el modo de *amalgamacion ;* tales son las que se benefician en grande por el mismo método, es decir, las que contienen plata nativa, cloruro, súlfuros ó arsenio-súlfuros de plata, y no contienen plomo ni cobre. Sin embargo, pocas veces se emplea este modo de ensayar, porque es largo, incómodo y ménos exacto que los que hemos descrito. Hay casos en que puede ser útil valerse del método de amalgamacion, por ejemplo, cuando se quiere saber como se porta un mineral, que se quiere beneficiar en grande por este método.

Inconveniente.

Calcinacion. Cuando la plata se halla diseminada en el mineral en estado nativo ó en estado de cloruro, se puede someterla inmediatamente á la amalgamacion ; pero, cuando se halla en estado de súlfuro, ó bien, cuando la acompañan otros súlfuros, por ejemplo, las piritas arsenicales, como sucede muchas veces, es preciso hacer pasar el mineral por una operacion preliminar, ántes de amalgamarlo : esta operacion consiste en calcinar el mineral con el contacto del aire, con sal comun, á una temperatura moderada, hasta que dejen de desarrollarse vapores sulfurosos ó arsenicales, del mismo modo que se ejecuta esa operacion en grande, en Europa : se tritura despues el mineral reducido á polvo impalpable , y se mezcla con azogue por muchas horas, facilitando la combinacion con un calor suave, ó bien regando de cuando en cuando la mezcla con agua caliente : se lava por decantacion, para separar el criadero ; despues se destila la amalgama con la mayor precaucion, en un pequeño matraz ; y se calienta fuertemente el residuo en una copela en la mufla, para despedir las últimas porciones de azogue. Cuando el residuo está en muy corta cantidad, es preciso, para que no se pierda nada, y para que forme una sola esferilla, envolverlo en una hoja de plomo, y pasarlo á la co-

Operacion.

pela. Cuando al contrario se obtiene una cantidad considerable de amalgama, es preciso esprimirla en una piel de gamuza ántes de destilarla, para separar el exceso del mercurio.

Si el mineral contuviese plomo, cobre &c., estos metales se hallarian en la mayor parte con la plata en la amalgama: entónces, para determinar la plata con exactitud, seria preciso copelar el residuo de la destilacion de la amalgama con una proporcion conveniente de plomo.

§ 3.º MATERIAS DE LA 2.ª CLASE- COPELACION.

La *copelacion* es una de las operaciones mas injeniosas que se han inventado: se conoce desde un tiempo inmemorial, y tiene mucha semejanza con la *escorificacion*. Las dos tienen por objeto el separar la plata ó el oro de las diversas sustancias estrañas mediante el plomo; pero en la copelacion las escorias se absorben por la materia del vaso llamado *copela*, miéntras en la escorificacion quedan en el baño: de modo que en aquella, estando siempre el plomo descubierto y en contacto con el aire, logramos oxidar no solo todas las sustancias estrañas, sino tambien el plomo; y al fin no queda otra cosa mas en la copela que la plata ó el oro, ó bien estos dos metales alcados. Ahora, exijiendo la copelacion, como condicion indispensable, que las escorias tengan la propiedad de atravesar la copela, y de absorberse en ella, se ve porque esta operacion no se aplica sino á un corto número de sustancias, miéntras la escorificacion se aplica á todas. El plomo y el bismuto son los únicos metales cuyos óxidos cuando puros, tienen la facultad de penetrar la materia de las copelas: pero mediante uno ú otro, diversos óxidos, que estando aislados, formarian en la superficie de la copela escorias infusibles, adquieren la propiedad de atravesarla. Por esto, cuando tenemos que copelar alguna sustancia, es menester principiar por combinarla con plomo ó bismuto en proporcion conveniente, para que los óxidos de estos metales puedan arrastrar consigo en la copela todas las sustancias estrañas oxidadas durante la operacion. Esta proporcion, como se verá mas adelante, varia segun las sustancias y segun las circunstancias.

Se efectua la copelacion en los *hornillos de mufla* descritos paj. 18. La temperatura de estos hornillos varia segun su tamaño, la al-

tura de la chimenea, la disposicion de las rejas &c. : no es tampoco igual en las diversas partes de la mufla. Así, una mufla ordinaria, que en el fondo da 21° p. de calor, no produce mas que 12° en el medio, y solo 8° por delante. En los hornillos que sirven comunmente para los ensayes de la moneda de plata, el fondo de la mufla tiene 24° p. de temperatura.

Copelacion de las aleaciones de plata y cobre.

Los ensayadores distinguen dos especies de ensayes de las aleaciones de plata y cobre : cuando se trata de ensayar una aleacion en que predomina la plata, la operacion toma el nombre de *ensaye de plata*; y cuando se ensaya una aleacion en que predomina el cobre, se llama ensaye de *vellon*.

El objeto de la operacion es de determinar cuanta plata hay en un peso conocido de aleacion de plata y cobre. No pudiendo el óxido de este último atravesar la copela, si no se halla unido con una cantidad conveniente de óxido de plomo, se ve que, miéntras mas cobre hay en la aleacion que se quiere ensayar, mas plomo se debe agregar al ensaye. Las proporciones mas convenientes para toda clase de aleacion, han sido determinadas por la experiencia, y con esto se ha formado la siguiente tabla, que se debe al Sr. d'Arcet, y se ha adoptado por todos los ensayadores.

TABLA

de las cantidades de plomo que se agregan á las aleaciones de diversas leyes de plata.

LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.
	milésimas.		milésimas.		gramos.
1000	300	989	660	979	1.380
999	300	988	720	978	1.460
998	300	987	780	977	1.540
997	550	986	840	976	1.620
996	550	985	900	975	1.720
995	550		gramos.	974	1.790
994	550	984	1.000	973	1.880
993	550	983	1.080	972	1.930
992	550	982	1.160	971	2.000
991	550	981	1.220	970	2.070
990	600	980	1.300	969	2.140

LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.
	gramos.		gramos.		gramos.
968	2.210	925	5.250	882	7.540
967	2.280	924	5.320	881	7.570
966	2.350	923	5.390	880	7.600
965	2.420	922	5.460	879	7.630
964	2.510	921	5.530	878	7.670
963	2.580	920	5.600	877	7.700
962	2.650	919	5.670	876	7.730
961	2.720	918	5.740	875	7.760
960	2.790	917	5.810	874	7.790
959	2.860	916	5.880	873	7.820
958	2.930	915	5.950	872	7.850
957	3.010	914	6.020	871	7.880
956	3.080	913	6.090	870	7.910
955	3.150	912	6.160	869	7.940
954	2.220	911	6.230	868	7.970
953	3.290	910	6.300	867	8.000
952	3.360	909	6.370	866	8.030
951	3.430	908	6.440	865	8.060
950	3.500	907	6.510	864	8.090
949	3.570	906	6.580	863	8.120
948	3.640	905	6.650	862	8.150
947	3.710	904	6.720	861	8.180
946	3.780	903	6.790	860	8.210
945	3.850	902	6.860	859	8.240
944	3.920	901	6.930	858	8.270
943	3.990	900	7.000	857	8.300
942	4.060	899	7.030	856	8.330
941	4.130	898	7.060	855	8.360
940	4.200	897	7.090	854	8.390
939	4.270	896	7.120	853	8.420
938	4.340	895	7.150	852	8.450
937	4.410	894	7.180	851	8.480
936	4.480	893	7.210	850	8.510
935	4.550	892	7.240	849	8.540
934	4.620	891	7.270	848	8.570
933	4.690	890	7.300	847	8.600
932	4.760	889	7.330	846	8.630
931	4.830	888	7.360	845	8.660
930	4.900	887	7.390	844	8.690
929	4.970	886	7.420	843	8.720
928	5.040	885	7.450	842	8.750
927	5.110	884	7.480	841	8.780
926	5.180	883	7.510	840	8.810

LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.
	gramos.		gramos.		gramos.
839	8.840	796	10.080	753	10.840
838	8.870	795	10.100	752	10.960
837	8.900	794	10.120	751	10.980
836	8.930	793	10.140	750	11.000
835	8.960	792	10.160	749	11.020
834	8.990	791	10.180	748	11.040
833	9.020	790	10.200	747	11.060
832	9.050	789	10.220	746	11.080
831	9.080	788	10.240	745	11.100
830	9.110	787	10.260	744	11.120
829	9.140	786	10.280	743	11.140
828	9.170	785	10.300	742	11.160
827	9.200	784	10.320	741	11.180
826	9.230	783	10.340	740	11.200
825	9.250	782	10.360	739	11.220
824	9.280	781	10.380	738	11.240
823	9.310	780	10.400	737	11.260
822	9.340	779	10.420	736	11.280
821	9.370	778	10.440	735	11.300
820	9.400	777	10.460	734	11.320
819	9.430	776	10.480	733	11.340
818	9.460	775	10.500	732	11.360
817	9.490	774	10.520	731	11.380
816	9.520	773	10.540	730	11.400
815	9.550	772	10.560	729	11.420
814	9.580	771	10.580	728	11.440
813	9.610	770	10.600	727	11.460
812	9.640	769	10.620	726	11.480
811	9.670	768	10.640	725	11.500
810	9.700	767	10.660	724	11.520
809	9.730	766	10.680	723	11.540
808	9.760	765	10.700	722	11.560
807	9.790	764	10.720	721	11.580
806	9.820	763	10.740	720	11.600
805	9.850	762	10.760	719	11.620
804	9.890	761	10.780	718	11.640
803	9.910	760	10.800	717	11.660
802	9.940	759	10.820	716	11.680
801	9.970	758	10.840	715	11.700
800	10.000	757	10.860	714	11.720
799	10.020	756	10.889	713	11.740
798	10.040	755	10.900	712	11.760
797	10.060	754	10.920	711	11.780

LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.
	gramos.		gramos.		gramos.
710	11.800	667	12.660	624	13.520
709	11.820	666	12.680	623	13.540
708	11.840	665	12.700	622	13.560
707	11.860	664	12.720	621	23.580
706	11.880	663	12.740	620	13.600
705	11.900	662	12.760	619	13.620
704	11.920	661	12.780	618	13.640
703	11.940	660	12.800	617	13.660
702	11.960	659	12.820	616	13.680
701	11.980	658	12.840	615	13.700
700	12.000	657	12.860	614	13.720
699	12.020	656	12.880	613	13.740
698	12.040	655	12.900	612	13.760
697	12.060	654	12.920	611	13.780
696	12.080	653	12.940	610	13.800
695	12.100	652	12.960	609	13.820
694	12.120	651	12.980	608	13.840
693	12.140	650	13.000	607	13.860
692	12.160	649	13.020	606	13.880
691	12.180	648	13.040	605	13.900
690	12.200	647	13.060	604	13.920
689	12.220	646	13.080	603	13.940
688	12.240	645	13.100	602	13.960
687	12.260	644	13.120	601	13.980
686	12.280	643	13.140	600	14.000
685	12.300	642	13.160	599	14.025
684	12.320	641	13.180	598	14.050
683	12.340	640	13.200	597	14.075
682	12.360	639	13.220	596	14.100
681	12.380	638	13.240	595	14.125
680	12.400	637	13.260	594	14.150
679	12.420	636	13.280	593	14.175
678	12.440	635	13.300	592	14.200
677	12.460	634	13.320	591	14.225
676	12.480	633	13.340	590	14.250
675	12.500	632	13.360	589	14.275
674	12.520	631	13.380	588	14.300
673	12.540	630	13.400	587	14.325
672	12.560	629	13.420	586	14.350
671	12.580	628	13.440	585	14.375
670	12.600	627	13.460	584	14.400
669	12.620	626	13.480	583	14.425
668	12.640	625	13.500	582	14.450

LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.	LEY.	PLOMO.
	gramos.		gramos.		gramos.
581	14.475	554	15.150	527	15.825
580	14.500	553	15.175	526	51.850
579	14.525	552	15.200	525	15.875
578	14.550	551	15.225	524	15.900
577	14.575	550	15.250	223	15.925
576	14.600	549	15.275	522	15.950
575	14.625	548	15.300	521	15.975
574	14.650	547	15.325	520	16.000
573	14.675	546	15.350	519	16.025
572	14.700	545	15.375	518	10.050
571	14.725	544	15.400	517	16.075
570	14.750	543	15.425	516	16.100
569	14.775	542	15.450	515	16.125
568	14.800	541	15.475	514	16.150
567	14.825	540	15.500	513	16.175
566	14.850	539	15.525	512	16.200
565	14.875	538	15.550	511	16.225
564	14.900	537	15.575	510	16.250
563	14.925	536	15.600	509	16.275
562	14.950	535	15.625	508	16.300
561	14.975	534	15.650	507	16.325
560	15.000	533	15.675	506	16.350
559	15.025	532	15.700	505	16.375
558	15.050	531	15.725	504	16.400
557	15.075	530	15.750	503	16.425
556	15.100	529	15.775	492	16.450
555	15.125	528	15.800	501	16.475
				500	16.500

Los ensayes de plata por la via seca se hacen unas veces sobre un *gramo* (20 granos cast.), otras veces sobre un medio gramo (10 granos), segun la ley de la aleacion, es decir, segun la mayor ó menor proporcion de cobre contenido en ella. Así, desde la plata de ley de 1000 milésimas ó plata pura, hasta la de 800 milésimas inclusivamente, se toma un gramo de pasta para el ensaye ; y se toma solo ½ gramo de ella, cuando tiene ménos que 800 milésimas. En este último caso se emplea tambien solo la mitad del peso del plomo que se tomaria, si el ensaye se hiciese sobre 1 gramo ; lo que, por ejemplo, para la ley de 500 milésimas haria bajar la cantidad de plomo á 8 gramos y ¼, en lugar de 16 gr. 500 indicados en la tabla ; —se entiende que, concluido el ensaye, se han de doblar los resultados de la opera-

cion, á fin que el número de milésimas se refiera al peso principal, es decir, al grano.

La primera cosa que se ha de hacer, cuando tenemos que determinar la ley de una aleacion de cobre, por ejemplo, de una barra de plata ó de una moneda, es *aproximar* ó determinar aproximativamente la ley; y esto es indispensable, porque las cantidades de plomo, que se agregan, corresponden, como hemos dicho, á las diversas *leyes* de las pastas. El exámen de las propiedades físicas y sobre todo mucha práctica dan á conocer esta ley aproximativa: así, la aleacion tendrá tanta mas plata, cuanto mayor sea su peso específico, y cuanto mas blanca sea, mas dúctil y ménos sonora; por la misma razon se reconoce que la ley es baja, cuando la plata es liviana, amarilla, dura y sonora. Si esto no es suficiente, se puede hacer uso de *la piedra de toque;* ó bien se hará calentar un pedacito de esta aleacion hasta el calor rojo, y en este caso, si la pasta tiene mucho cobre, se volverá negra.

Descripcion de la operacion.

Aproximacion de la ley.

La piedra de toque conocida en la mineralojia con el nombre de *piedra lídia,* es una piedra negra, inatacable por los ácidos, y mas dura que los metales: de modo que, frotandola con la plata, quedan en la piedra vestijios de este metal; y por el color de la raya se juzga de la ley de la plata. Pero, para determinar aproximativamente esta ley, se hace uso de unas *puntas ó barritas* de comparacion (touchau) de una ley conocida: se componen para esto cinco *puntas* desde 700 hasta 800 milésimas de fino (desde 8 dineros 9 granos y medio hasta 9 dineros 14 granos y medio), de modo que la diferencia entre ellas no sea mas que de 20 milésimas (6 granos de fino). Cuando se quiera ensayar, por ejemplo, unas alhajas de plata, que hayan de llevar la marca de segunda ley, que es de 800 milésimas, se tocan en la *piedra;* se forma luego junto á las señales que han dejado, un toque con la liga de comparacion, y se juzga por el color si son de la misma ley, ó si se diferencian. Como la mayor parte de estas pequeñas alhajas estan blanquecidas, es necesario, para no engañarse, quitar por medio de un primer toque la capa superficial de que no debe hacerse uso, y hacer otro que es el que ha de examinarse. Cuando la piedra de toque es de un negro subido y puro, y se han formado *toques* bien cargados, la diferencia de color de las señales de plata viene á ser muy notable en una diferencia de ménos

Piedra de toque.

de 20 milésimas de ley (6 granos), principalmente si se los examina con un lente.

Exijiendo la operacion *del toque* mucha práctica, y pudiendo engañar la vista, mejor es, siempre que se trate de una exactitud rigorosa, hacer primero un ensaye sobre un decígramo (2 granos) de pasta, y hacerlo pasar á la copelacion con 10 veces su peso, es decir con 1 gramo, de plomo. El resultado de este primer ensaye multiplicado por 10, dará una ley bastante aproximada, para que se pueda, en el segundo ensaye, emplear la cantidad de plomo que esta ley exije.

Ensaye preliminar.

Supongamos, por ejemplo, que la aleacion ensayada dió en este primer ensaye aproximativo, 90 milésimas, la ley de la aleacion seria de 900 milésimas. Buscando esta ley en la tabla de las cantidades de plomo que corresponden á cada ley de plata, se ve que lo que corresponde á 900 milésimas, son 7 partes ó 7 gramos de plomo, y por consiguiente se necesita tomar para la copelacion 1 gramo (20 granos) de plata y 7 gramos (140 granos) de plomo.

Verificada esta primera operacion, que tiene por objeto solo el determinar aproximativamente la ley y la cantidad de plomo que se va á emplear, se saca de la barra ó pieza de plata que se quiere ensayar, la cantidad necesaria para hacer dos ensayes; y se achata el pedazo sobre un yunque, teniendo cuidado de despejar de la superficie del pedazo, cualquiera sustancia estraña que hubiese. Hecho esto, y ajustada bien la balanza, se pesa en ella con la mayor exactitud posible, un gramo de aleacion, cortando primero los pedacitos de ella con unas tijeras, y ajustando al fin el peso por medio de una lima: se debe evitar, en cuanto sea posible, de cortar pedacitos demasiado pequeños, que pudieran perderse ó saltar, causando errores considerables.

Copelacion.

Se envuelve todo en un pequeño cuadro de papel fino, teniendo cuidado de hacerle presentar la menor superficie posible, á fin de poder introducirlo sin peligro en la copela. Se calienta el horno gradualmente; y cuando se cree que tiene bastante calor, lo que sucede por lo regular al cabo de una hora, y se conoce por el color rojo blanquecino que toman las copelas puestas en la mufla, se introduce en una de ellas el plomo que se necesita para la copelacion. La copela debe estar como al tercio de la mufla, contando de la puerta por atras. El plomo no tarda en fundirse, se cubre de una película de color gris de óxido de plomo; y este se funde tambien dejando la super-

ficie del baño brillante. Se dice entónces que el plomo está descubierto; se pone en el mismo momento el ensaye por medio de unas tenacillas; y el todo no tarda en entrar en una fusion completa. Mirando con cuidado, se comienza á percibir en la superficie del baño unos puntitos mas luminosos que el resto, los cuales van en aumento á medida que la operacion se aproxima á su fin. Es entónces cuando la atencion del ensayador debe aumentarse, porque es muy importante que el ensaye no tenga ni demasiado calor ni demasiado frio. En el primer caso, se perderia la plata, porque una pequeña porcion pudiera volatilizarse, y otra, por causa de la gran fluidez de la materia y de la dilatacion de los poros de la copela, pudiera introducirse en este vaso: en el segundo caso, hubiera que temer que el ensaye retuviese un poco de aleacion. Aunque es imposible dar en un libro los conocimientos precisos sobre el grado del calor que conviene, y que solo la experiencia puede enseñar, hay sin embargo señales que pueden servir de guia al ensayador, las cuales se van á describir.

Luego que el ensaye está fundido, principia á desarrollarse del baño un humo de óxido de plomo; y por el modo como este humo sale de la copela, se conoce el grado de calor de la mufla: si este humo se eleva casi perpendicularmente hácia la bóveda de la mufla y con fuerza, es prueba de que el ensaye tiene demasiado calor; y es necesario acercarlo mas á la puerta: si al contrario, este humo no tiene fuerza para levantarse, y vuelve á caer sobre el suelo de la mufla, en este caso el ensaye tiene demasiado frio; y es preciso introducirlo mas en la mufla, ó bien, si esto no basta, poner en cada uno de sus costados un carbon encendido: si en fin el humo se levanta serpenteando sobre la superficie del baño, es prueba de que el ensaye se halla á una temperatura conveniente. Al cabo de algunos minutos tenemos otro medio mas seguro para juzgar del grado de temperatura que tiene la mufla, observando el color de la parte del fondo de la copela, que acaba de ser abandonada por el baño; si este fondo es de un rojo pardo, el ensaye tiene el calor conveniente; si es de color rojo, blanquizco, casi del mismo color que el baño, hay demasiado calor; si al contrario, es casi negro, es preciso aumentar el fuego. Yendo bien el ensaye, y estando poco mas ó ménos al medio de su curso, se lo acerca un poco hácia la puerta de la mufla; y cuando esté al concluirse, lo que se reconoce por el grue-

so y la intensidad de los puntos luminosos, que se pasean sobre toda la superficie, y por el volúmen del ensaye, se lo coloca totalmente en la parte anterior de la mufla y sobre una capa de polvo de copelas frias, á fin de facilitar el enfriamiento de bajo en alto, lo que es necesario para impedir la *vejetacion.* Teniendo en este momento la puerta de la mufla abierta, y observando el ensaye con mucho cuidado, se ve que luego van desapareciendo aquellos *puntos luminosos*, y el boton pierde su lustre : pero al instante aparecen, y principian á serpentear en todos sentidos, en un movimiento rápido y continuo, unos anillos matizados con todos los colores de íris : se dice entónces que el ensaye presenta *colores de íris.* Muy pronto desaparecen estos colores, y el boton vuelve por segunda vez á empañarse ; en este momento es preciso aproximar la puerta de la mufla, ó introducir la copela un poco mas adentro, á fin de que con el aumento de fuego, puedan separarse é introducirse con mayor facilidad en los poros de la copela, las últimas partículas de plomo y de cobre. Esto se verifica, cuando el boton, despues de haber quedado por algun tiempo empañado, se aclara de repente, con la desaparicion de una especie de nube que parecia cubrir su superficie : esta luz no dura mas que un instante, y se llama *relámpago, fulguracion ó esplendor.* Para que el ensaye tenga buen éxito, y el boton quede *cristalizado,* es necesario que el tiempo en que aparece el relámpago despues de la desaparicion de los *colores de íris*, sea limitado, ni demasiado largo, ni demasiado corto. Este tiempo varia segun la temperatura mas ó ménos elevada del horno, y sobre todo, segun la contextura mas ó ménos compacta de las copelas ; ha de variar tambien segun la ley del ensaye que se hace : así los ensayes de plata de 900 milésimas necesitan 30 á 35 segundos para producir relámpago, desde el momento en que desaparecen *los colores de íris*, miéntras los ensayes de 200 milésimas han de hacer relámpago en 12 á 15 segundos. En las copelas demasiado compactas el relámpago se verifica con mucha facilidad, y sobre todo, muy pronto ; pero los ensayes tienen *aspecto frio ;* y para obtenerlos *cristalizados* en estas copelas, es preciso concluirlos con mucho calor.

El relámpago no es el mismo para todas las leyes de la aleacion : así, la plata de ley de $\frac{900}{1000}$ necesita de 30 á 35 segundos desde el momento en que desaparecen los colores del íris, miéntras que

los ensayes de $\frac{200}{1000}$ no necesitan mas que 12 á 15 segundos.

El ensaye habiendo hecho relámpago, y la plata hallandose pronta para solidificarse, es preciso juntar la puerta de la mufla, y dejarla así uno ó dos minutos, para evitar la *vejetacion*, que no dejaria de verificarse si el enfriamiento fuese rápido.

Concluido el ensaye, se lo retira gradualmente, despues de haber dejado por algun tiempo la copela puesta de canto, de modo que el ensaye mire al fondo de la mufla. Despues se despega el boton de plata, y apretandolo fuertemente con las tenazas, se lo limpia perfectamente por debajo con una *brocha ó grata*, y se pesa : si el gramo ó 1000 miligramos sometidos al ensaye, han perdido 100 miligramos, es evidente que la aleacion ensayada contiene 900 milésimas de *fino*, y este número espresa la ley de la aleacion : esta ley siendo multiplicada por 12, las dos primeras cifras indican el número de dineros de la ley española ; y lo que queda, siendo multiplicado por 24, las dos primeras cifras del producto darán el número de *granos*.

Pérdida y compensacion.

A pesar de todas las precauciones que se toman en la copelacion, el peso del boton no da casi nunca la verdadera ley de la aleacion; porque no se puede evitar que se introduzca en la copela una cierta cantidad de plata, cantidad que varia, y es tanto mas considerable, cuanto mayor es la temperatura, mas porosa la copela, y mayor la cantidad de plomo que se emplea. Resulta de esto que los ensayadores necesitan determinar con mucha exactitud las pérdidas que experimentan sus ensayes, y hacer una tabla de compensacion que les indique cuantas milésimas se han de añadir al peso del ensaye, para saber la verdadera ley de plata. Se han hecho estas tablas combinando á propósito en diversas proporciones la plata fina y el cobre perfectamente puro, pasando despues sucesivamente esta aleacion á la copelacion, y apuntando las pérdidas que se experimentan.

TABLA

de compensacion para los ensayes de plata, adoptada en el laboratorio de los ensayes de la comision de las monedas y medallas en Paris.

LEYES EXACTAS.	LEYES OBTENIDAS POR LA COPELACION.	PERDIDAS Ó CANTIDADES DE FINO, que se deben añadir á las leyes correspondientes, obtenidas por la copelacion.
1000	998,97	1,03
975	973,24	1,76
950	947,50	2,50
925	921,75	3,25
900	896, "	4, "
875	870,93	4,07
850	845,85	4,15
825	820,78	4,22
800	795,70	4,30
775	770,59	4,41
750	745,48	4,52
725	720,36	4,64
700	695,25	4,75
675	670,27	4,73
650	645,29	4,71
625	620,30	4,70
600	595,32	4,68
575	570,32	4,68
550	545,32	4,68
525	520,32	4.68
500	495,32	4,68
475	470,50	4,50
450	445,69	4,31
425	420,87	4,13
400	396,05	3,95
375	371,39	3,61
350	346,73	3,27
325	322,06	2,94
300	297,40	2,60
275	272,42	2,58
250	247,44	2,56

LEYES EXACTAS.	LEYES OBTENIDAS POR LA COPELACION.	PERDIDAS Ó CANTIDADES DE FINO, que se deben añadir á las leyes correspondientes, obtenidas por la copelacion.
225	222,45	2,55
200	197,47	2,53
175	172,88	2,12
150	148.30	1,70
125	123,71	1,29
100	99,12	0,88
75	74,34	0,66
50	49,56	0.44
25	24,78	0,22

Observaciones.—1.ª La práctica sola puede indicar á qué temperatura debe estar el horno en el momento en que se comienza el ensaye : sin embargo es de observar que hay ventaja en tenerlo siempre muy caliente, porque es mas fácil enfriarlo en caso de necesidad, sea abriendo mas la puerta de la mufla, sea introduciendo en ella copelas frias, que hacerle tomar el grado de calor conveniente, si se principia el ensaye con una temperatura demasiado baja, puesto que una vez comenzada la operacion, la puerta de la mufla debe quedar abierta. No basta que el horno esté á la temperatura necesaria, es menester todavia que esté bastante guarnecido de carbon y de carbon encendido : se añaden por esto de tiempo á otro unos gruesos carbones durante el curso de la operacion, manteniendo el horno lleno de combustible, á fin de que la temperatura de la mufla no cambie. *Calor del horno.*

2.ª Antes de introducir las copelas en la mufla, es preciso tenerlas por algun tiempo en la puerta del hornillo, á fin de secarlas bien, y calentarlas gradualmente ; sin esta precaucion la mas pequeña presion de las tenazas puede romperlas. Las copelas que han quedado enrojecidas algun tiempo en la mufla, y en seguida se han enfriado, ya no pueden servir, porque calentandose de nuevo, se abren en todos sentidos. *Secar las copelas.*

3.ª Una copela puede absorber su peso de plomo : si se necesita hacerle absorber mas plomo que lo que ella pesa, se puede dar vuelta á otra copela, y colocar encima de esta, aquella en que se hace la copelacion. *Cuanto plomo puede absorber la copela.*

4.ª El plomo que se emplea en la copelacion, no debe contener plata, ó á lo ménos no debe tener mas de un medio miligramo de *Ley del plomo*

plata en 10 gramos : en caso que no se pudiese conseguir plomo sin plata, seria menester copelar una cantidad de este plomo igual á la que se ha empleado en el ensaye, y restar de la ley del ensaye la que se sacase por la copelacion del plomo.

Plomo cobrizo.

5.ª Tampoco el plomo debe contener cobre, y en caso que lo tuviese, seria preciso emplear una cantidad de este plomo, mayor que la que indica la tabla ; y con esto, el ensaye quedaria mas tiempo en la mufla, y por consiguiente experimentaria mas pérdida de plata.

En que momento se introduce el ensaye.

6.ª Chaudet aconseja de introducir la plata al instante en que el plomo se halla bien fundido, y no ántes : porque, segun el citado ensayador, si se introdujese el ensaye en el momento en que el plomo está todavia derritiendose, el óxido que se forma en tal caso, es tan fácil de reducirse que, puesto en contacto con el papel del ensaye, puede causar proyeccion de partículas de plata, por el ácido carbónico, que se forma. Parece que el mismo óxido una vez fundido no se reduce con tanta prontitud.

Proporcion de plomo.

7.ª Cuando la cantidad de plomo que se emplea, es mayor que la que esta determinada por la práctica é indicada en la tabla, el ensaye quedando en el fuego mas tiempo del que exije la ley de la aleacion, experimenta una pérdida de plata mas considerable que la que está indicada en la tabla de compensacion. Si al contrario, esta cantidad de plomo es menor que la que conviene á la ley del ensaye, la plata contendrá cobre, y la ley que se saque por el ensaye, será mayor que la verdadera.

Exceso ó falta de plomo.

8.ª Las copelaciones hechas con exceso de plomo, producen casi siempre *vejetacion ;* los botones no tienen brillo ; y en lugar de presentar una forma hemisférica, son casi redondos, y adhieren muy poco á la copela ; sobre todo, si no se aumenta mucho el calor al fin de las operaciones. Al contrario, los ensayes que no han tenido bastante plomo, no producen *relámpago ;* dan unos botones achatados, con unas manchas negras de óxido de cobre en la superficie, y adhieren fuertemente á la copela.

Ensaye ahogado.

9.ª Cuando, al fin de la copelacion, por algun descuido baja de repente la temperatura, el ensaye se solidifica, y la operacion se para : se dice entónces que el ensaye está *ahogado en el plomo:* porque efectivamente se halla cubierto por este metal en parte oxidado. Estos ensayes necesitan despues un calor muy intenso para fundirse ; y nunca dan resultados exactos.

Globulitos de plata, que quedan en los bordes de la copela.

10.ª Sucede á veces que durante la copelacion algunos globulitos de plata quedan en la parte de la copela, que el baño acaba de abandonar : es menester tener cuidado de unirlos al ensaye, inclinando un poco la copela, y haciendo que toquen el baño para que los absorba.

Señas de un buen ensaye.

11.ª Se ha dicho que, para que el ensaye salga cristalizado, es preciso que el relámpago se verifique en un tiempo limitado, desde el momento en que desaparecen los colores de íris. En realidad, cuando este tiempo no ha sido demasiado largo ni dema-

siado corto, el boton que se obtiene, es redondo, lustroso, cristalizado por debajo, se despega facilmente de la copela, y es blanco, granudo por debajo.

Cuando el relámpago aparece demasiado pronto, rara vez se obtiene un boton redondo; se ven en su superficie partes lustrosas, y otras como empañadas, blancas; adhiere comunmente un poco ménos á la copela, y á veces tiene pequeños agujeros por debajo, lo que prueba que no ha tenido bastante calor al concluirse.

Cuando al contrario el relampago tarda demasiado en aparecer, y el ensaye queda fundido á pesar de que se haya abierto la puerta, el boton que se obtiene entonces, es de un blanco obscuro, tiene manchas negras de óxido de cobre en su superficie y depresiones, adhiere fuertemente á la copela, es negro por debajo, y muchas veces vejeta.

12.ª Se puede abreviar el tiempo en que se ha de producir el relámpago, abriendo de repente la puerta, ó golpeando lijeramente sobre la tablilla del hornillo; y tambien se puede prolongar este tiempo, cuando se ve que el relampago está al producirse demasiado pronto, (lo que se reconoce por el poco movimiento con que el boton está ajitado), aproximando un poco la puerta á la mufla. En todo caso el ensayador debe procurar obtener ensayes *cristalizados;* porque es probable que la plata, como el oro, no tiene la propiedad de cristalizarse, sino cuando está perfectamente pura. *El tiempo del relámpago.*

13.ª Cuando el ensaye se concluye demasiado caliente, ó cuando se enfria rápidamente, sale de su superficie con diferentes formas, y las mas veces en agujitas, una cierta cantidad de plata, la cual en este momento salta á veces fuera de la copela, y se pierde. Este fenómeno se llama *vejetacion,* y no se debe tener mucha confianza en los resultados del ensaye que presenta este fenómeno, ménos cuando ha habido poca vejetacion y solo en la parte inferior del boton de plata cerca de la concavidad de la copela, y cuando se ven en la misma superficie de la copela las partículas de plata, que se arrojaron en este caso. Segun Lucas, este fenómeno se debe al desarrollo repentino de una cierta cantidad de oxíjeno, que retiene siempre la plata fundida; y por esto, se evita muchas veces la vejetacion, cubriendo la copela inmediatamente despues del *relámpago,* con un pedazo de carbon encendido, el cual absorbe el oxíjeno. *Vejetacion.*

14.ª Habiendo, por lo que se ha dicho, tantas causas de errores en la copelacion, y siendo esta operacion lejos de ser matemáticamente exacta, es de toda necesidad hacer siempre dobles ensayes, es decir, tomar dos gramos de la plata, uno para cada ensaye, y pasarlos á la copelacion en dos copelas al mismo tiempo. Si no hay tiempo para hacer copelacion doble de cada ensaye, á lo ménos es indispensable repetir las que presentan alguna duda; y en esto, la *vejetacion,* sobre todo, es lo que ha de determinar al ensayador a hacer de nuevo su ensaye. En *Necesidad de repetir los ensayes.*

ningun caso se debe contar con los ensayes de una misma aleacion, que dan resultados muy diferentes entre sí.

Plata ligada con platina.

15.ª Segun Vauquelin, una cantidad muy corta de platina hace cristalizar la plata, propiedad que en rigor bastaria para hacer sospechar la presencia de platina; pero hay otra seña mas cierta, que no deja duda alguna en esta parte, y es la disolucion del boton en el ácido nítrico. En efecto, cualquiera que sea la cantidad que haya de este metal, en la plata, el ácido toma un color obscuro, y deja despues de la disolucion un precipitado de polvo negro, causado por una porcion muy sútil de platina.

Plata con paladio.

16.ª Segun Chaudet, la plata de ley de 900 milésimas puede contener hasta 10 milésimas de paladio, sin que los caracteres que se observan en la copelacion, puedan dar á conocer la presencia de este último metal: pero, el mejor modo de conocerlo, consiste en disolver el boton en el ácido nítrico de 22°; porque aun cuando no hubiese mas que $\frac{1}{1000}$ de paladio en la plata, la disolucion tomaria un color amarillento, quedando siempre muy clara.

Copelacion mediante el bismuto.

17.ª Se ha dicho que se podia en lugar del plomo emplear el bismuto para la copelacion de las aleaciones de plata: pero muy rara vez se pone en práctica este método, por causa de que, siendo muy volatil el bismuto, el baño metálico hierve, y las mas veces saltan pequeñas gotillas de plata que se pierden. A mas de esto, siendo las aleaciones de bismuto mas fusibles que las de plomo, y adquiriendo mayor fluidez aquellas, se introducen con mayor facilidad en los poros de las copelas, arrastrando consigo una cierta cantidad de plata. Se advierte tambien que el bismuto, que se halla comunmente en el comercio, no sirve para la copelacion, porque tiene sustancias muy volátiles, como arsénico, azufre &c., que pueden causar proyecciones y pérdidas de la plata.

Copelacion de algunos minerales.

Sulfuro de plata. Se puede copelar inmediatamente el sulfuro de plata sin añadir plomo, haciendo uso de unas copelas, que se hacen á propósito con ladrillos molidos y vidrio; pero es mejor ejecutar la copelacion en una copela ordinaria, añadiendo plomo.

Galena. Se puede ensayar la galena que contiene plata, sometiendo el mineral á una copelacion inmediata, aun cuando el mineral contiene 2 á 3 por ciento de pirita, de blenda ó de cuarzo. Esta operacion se pudiera efectuar aun sin añadir plomo; pero en este caso es de temer que el sulfato de plomo que se forme, cubra el baño, impida la oxidacion, ó adhiera al boton de plata. Por esto,

Adicion de plomo.

mejor es añadir $1\frac{1}{2}$ á 2 p. de plomo, comprendido en este peso él de la hoja de plomo en la que se debe envolver el mineral que se

ensaya. Para evitar cualquiera pérdida que pudiese resultar de la propiedad que tiene la galena de chisporrotear en el fuego, es preciso reducirla á polvo muy fino, y molerla en un mortero de ágata. Se introduce todo en una copela bien caliente y se cierra la mufla: al instante el mineral empieza á bajar, se funde, y el sub-súlfuro que se forma, sobrenada en la superficie del plomo. Cuando toda la masa ha adquirido la temperatura de la copela, se abre la mufla, y se da aire, pero graduando la corriente, para que de esta suerte no sea demasiado viva la combustion; porque en este caso habria pérdida de algunas partículas de mineral que saltarian del baño. Se ve entónces mucho humo, y queda por algun tiempo la superficie del baño como cubierta de una costra espesa, sólida, convexa, la cual poco á poco va bajando y adelgazandose. Cuando el humo empieza á disminuir, y se aclara, entónces se puede aumentar la temperatura, y se ha de calentar mucho mas que en la copelacion ordinaria, á fin de que el litargirio que se forma, haga fundir, y arrastre en la copela la mayor parte del súlfato de plomo, que se habia formado al principio de la operacion. El plomo se descubre mas y mas, al fin adquiere una superficie limpia y brillante: desde entónces la copelacion se efectua como la del plomo puro, y no ofrece nada de particular. De todos los modos de ensayar la galena por plata, es el que da la mayor cantidad de plata.

Operacion.

Mineral de súlfuro de cobre. Se puede copelar el súlfuro de cobre directamente, añadiendo solo 2 p. de plomo. La operacion se efectua muy pronto; se forman desde luego unas escorias en la superficie; pero dando calor, las mas veces estas escorias desaparecen. Ahora, empleando en lugar de 2 p., 4 á 5 p. de plomo, la copelacion marcha con la mayor facilidad, y no queda ningun indicio de escorias en la copela. En todo caso, la copela se pone negra, pero no se raja.

Plata gris, cobre gris. Entre los minerales que se conocen bajo los nombres de *plata gris* y de *cobre gris*, hay algunos que se pueden copelar directamente: pero, como sucede que las copelas se rajen por el antimonio que se halla las mas veces en estos minerales, es mejor principiar por una escorificacion, añadiendo 4 á 6 p. de plomo.

Cloruro de plata. El cloruro de plata pasa muy facilmente á la copelacion; pero no se puede evitar que una parte del mineral se infiltre en la copela, ántes que se reduzca por el plomo, y que otra peque-

ña cantidad del mismo cloruro se volatilize : 1 gr. de cloruro perfectamente seco y envuelto en una hoja de plomo de 10 gr. de peso, pasa á la copelacion, dejando en los poros de la copela 0,22, es decir, cerca de la cuarta parte de plata que contiene. Para que el cloruro de plata se reduzca por el plomo, es menester que las dos materias esten íntimamente mezcladas, ántes que se sometan á la accion del calor : así, si se funden en un crisol 3 gr. de cloruro, mezclados con 10 gr. de granalla de plomo, envueltos en 8 gr. de hoja de plomo, se obtiene un boton de plomo, que á la copelacion da 2,gr259 de plata ; y por consiguiente no se pierde mas que 0,009, es decir, ménos que 0,004 de plata. Sin embargo, es mejor sustituir en este caso al plomo, una mezcla de litargirio y galena ó una mezcla de litargirio y carbon, porque de este modo se mezclan mejor las sustancias, y se evita la volatilizacion del cloruro.

§ 4.° ENSAYES DE LAS ALEACIONES DE COBRE Y DE PLATA, POR LA VIA HUMEDA.

Ventajas. El modo de ensayar las aleaciones de cobre y de plata por *la via húmeda*, inventado por Gay-Lussac, tiene la ventaja de dar resultados de una exactitud casi matemática, y de ser, al mismo tiempo, casi tan expeditivo como la copelacion : por esto, es el único método adoptado en los laboratorios de garantía y de la moneda en Francia.

¿En qué consiste el procedimiento? Este método consiste en determinar la ley de las materias que contienen plata, por la cantidad de una disolucion de sal marina, necesaria para precipitar exactamente la plata, contenida en un peso determinado de aleacion. El método se funda en la operacion siguiente : se disuelve la aleacion en el ácido nítrico, y despues se añade una disolucion de sal marina, cuya densidad ó el grado de saturacion está conocido : por esta sal se precipita inmediatamente la plata al estado de cloruro, el cual no es soluble en el agua ni en el ácido nítrico. Precipitada de este modo, la cantidad de plata no se determina por el peso del cloruro, porque el método seria demasiado largo y de poca seguridad, sino por el peso ó, mejor decir, por el volumen de aquella disolucion, que se necesita para precipitar exactamente la plata disuelta en el ácido nítrico. Se reconoce que toda la plata se ha precipitado, cuando el licor no se enturbia, ni produce el menor

indicio de precipitado al añadir una nueva gota de disolucion de sal marina : 1 miligramo de plata se hace muy sensible en un peso de licor de 100 gramos : se puede tambien distinguir la presencia de $\frac{1}{2}$ miligramo, aun de $\frac{1}{4}$ miligramo en la misma cantidad de licor, con tal que, ántes de añadir una nueva cantidad de sal, se deje bien sentarse el precipitado, para que el licor quede perfectamente claro. Ajitado vivamente por uno ó dos minutos el licor que se habia enturbiado con la sal, y despues dejandolo por algun instante en reposo, la disolucion se vuelve bastante clara, para que, si hay exceso de sal, se pueda distinguir un precipitado visible por la adicion de 1 miligramo de plata.

Disolucion normal.

Suponiendo que el ensaye se haga sobre un gramo de plata pura, la disolucion de sal marina debe ser tal, que se necesiten 100 gramos de ella en peso, ó bien 100 centimetros, cúbicos ($\frac{1}{10}$ de litro) en volúmen, para precipitar toda la plata. Esta cantidad de disolucion se divide en 1000 partes, que se llaman *milésimas.* La ley de una alcacion se da por el número de milésimas de esta disolucion de sal marina, necesarias para precipitar toda la plata contenida en un gramo de aleacion. La disolucion que tiene este grado de saturacion, se llama *disolucion normal,* y se puede medir por el peso, ó por el volúmen.

Modo de medir por el peso.

Cuando la disolucion se mide por el peso, su grado de saturacion debe ser tal, que 100 gr. de ella precipiten exactamente 1 gr. de plata pura disuelta en el ácido nítrico. Estos 100 gr. de disolucion contienen 0,5427 de sal marina pura. Se pasan 100 gr. poco mas ó ménos de esta disolucion en un tubo de vidrio de 115 gr. á 120 gr. dividido en gramos ; y para determinar las pequeñas fracciones de gramo que faltan, se toma un peso décuplo de otra disolucion que se llama *décima,* y que contiene una proporcion diez veces menor de sal que la primera. Para hacer el ensaye, se introduce un gramo de plata en un frasco de la capacidad de 200 gr., se echa despues poco mas ó ménos 10 gr. de ácido nítrico puro de 32°, que se toma por medio de una pipeta delgada que contiene 7,gr7 de agua, hasta una seña marcada con un diamante. Se calienta la disolucion, y cuando toda la plata se ha disuelto, se hace salir el vapor amarillo por medio de un fuelle, y se vierte en el frasco una cierta cantidad de disolucion normal un poco menor de la que se cree necesaria para precipitar toda la plata. Se ajita el frasco para que se ponga muy claro

el licor ; y cuando el precipitado esté bien unido en el fondo, se añade 1 centilitro de la disolucion décima, lo que representa un miligramo de plata : el licor se enturbia, se lo ajita, y se añade todavia 1 centilitro de disolucion mas ; y se repite la misma operacion, hasta que, agregando una nueva dosis de aquella disolucion, el licor cese de formar precipitado. Para tener la ley exacta, se resta de la que se obtiene inmediatamente, 1 milésima para el último centilitro, que no ha producido precipitado, y $\frac{1}{2}$ milésima para la mitad del penúltimo, que todavia enturbia el licor. Si se reconociese que al principio se habia añadido un exceso de disolucion normal de sal comun, entónces una nueva porcion de disolucion décima no produciria ningun precipitado ; y por consiguiente en vez de añadir la disolucion décima de sal, seria preciso hacer uso de una *disolucion décima* de plata en el ácido nítrico, la cual deberia contener 1 gr. de plata en 1 litro. Añadiendo á la disolucion de la pasta que se ensaya, 1 centilitro de disolucion décima de plata, se destruye la sal que proviene del centilitro de la disolucion décima de esta sal, que se habia añadido. Despues se añade sucesivamente por milésimas la disolucion décima de plata, hasta que ya no se forme precipitado . y para sacar la ley exacta en milésimas, se restan de la que está indicada por el volúmen de la disolucion normal de sal marina, tantas milésimas cuantos centilitros de disolucion décima de plata se habian añadido. Se ha de observar que, cuando se precipitan las disoluciones de plata por la sal, el licor se clarifica mas pronto y mas completamente que cuando se precipita la sal por una disolucion de plata.

Modo de medir por el volúmen.

El otro método, que consiste en medir la disolucion normal por el volúmen, es mas exacto y mas cómodo : la disolucion normal se prepara de tal modo, que se necesiten 100 centimetros cúbicos ó $\frac{1}{10}$ de litro de licor á una temperatura determinada, para precipitar 1 gramo de plata : así, á 15°R esta disolucion debe contener 569,gr83 de sal comun en 105 litros de agua pura (*). Se obtiene muy fá-

(*) *Observaciones sobre el modo de preparar la disolucion normal.* —El método que se observa en el laboratorio de la moneda de Paris, para preparar la disolucion normal, consiste en tomar 100 litros de agua, y mezclarlos con una proporcion conveniente de una disolucion saturada de sal marina.—Se hace la mezcla en una tina de cobre barnizada por dentro, y que contenga un poco mas de 100 litros para que el licor no se derrame, cuando se lo revuelva con un

cilmente este volúmen de disolucion por medio de una *pipeta* de vidrio de tal capacidad interior, que estando llena de agua hasta una rayita marcada en el vidrio, deje caer 100 gr. de agua á la temperatura de 15°. Un poco depues, salen de la pipeta dos á tres gotas mas de líquido, las cuales se pueden despreciar, porque equivalen apénas á $\frac{1}{4}$ de milésima de plata. La pipeta tiene dos llaves, una con un agujero ancho del mismo diámetro que el tubo de la pipeta, y la otra con un agujero pequeño, para dar paso á una corriente de aire muy lenta. Para llenar la pipeta con agua, se empieza por aplicar el dedo índice de la mano izquierda al orificio inferior, y se abren las dos llaves. Cuando el líquido llega al cuello de la pipeta, se ha de moderar la corriente ; y luego que llegue á la distancia de algunos milímetros encima de la rayita, se cierran las dos llaves, y se quita el dedo. Entónces no queda otra cosa mas que arreglar la pipeta : para esto se necesita que el nivel del líquido corresponda exactamente á la rayita, y no quede partícula alguna de licor en el orificio. No es difícil llenar esta última condicion : despues de haber quitado el

---

ajitador para verificar bien la mezcla. De la parte interior de esta tina sale un tubo de cobre, el cual en su extremidad se junta con esta misma pipeta de dos llaves, que sirve para medir la disolucion normal. Se principia por llenar la tina con agua, y abriendo las dos llaves de la pipeta, se deja salir el agua por la pipeta, hasta que el nivel del agua en la tina llegue á la seña que corresponde a 100 litros. Despues se agrega la disolucion saturada de sal, cuyo grado de saturacion se conoce, sea midiendo la densidad y la temperatura del líquido, sea tomando un cierto peso de disolucion, evaporandola, y pesando el residuo. Este último método, siendo mas fácil y mas exacto, es el único que se ha adoptado. Supóngase, por ejemplo, que 100 gr. de disolucion saturada, dejan 22 gr. 4 de sal por residuo,—¿cuanto se debe añadir de esta disolucion para formar con 100 litros de agua una disolucion normal? El cálculo se hace del modo siguiente :

Un *equivalente* de plata, que es 2703, es á un *equivalente* de cloruro de sodio que es 1467,14, como el peso de plata que deben precipitar 100 litros de disolucion normal, y que es de 1000 gramos de plata, es á x : $x = 542{,}74$:

es decir que se necesitan 542 gr. 74 de sal marina. Ahora, se pregunta ¿qué cantidad de aquella disolucion que dió 22 gr. 4 de residuo, se debe tomar, para que en esta disolucion haya 542 gr. 74 de sal? pues que 22 gr. 4 de residuo provienen de 100 gramos de disolucion, diremos : 22 gr. 4 : 100 gr. : : 542 gr. 74 : b :

$$b = 2{,}421 \text{ gr.}$$

Resulta de esto que, para hacer la disolucion normal, se han de tomar

dedo que cerraba el orificio de la pipeta, se aplica al mismo orificio una esponja húmeda llamada *pañuelo*, envuelta en una tela, que absorbe y quita el exceso del líquido. Miéntras esta esponja esté tapando el tubo, se da vuelta al tornillo de la llave inferior, que tiene el agujero estrecho; y entónces entrando el aire despacio, hace bajar el líquido; y luego que este llegue á la rayita, se quita el pañuelo; y se coloca bajo el orificio de la pipeta, la botella destinada á recibir la disolucion. Este movimiento debe ejecutarse muy rápidamente para que la disolucion no tenga tiempo de dejar caer una gota de agua fuera de la botella.

El volúmen de la disolucion medido de este modo siendo siempre el mismo, no se puede tomar un peso constante de aleacion para los ensayes de diferentes aleaciones; sino que este peso debe variar segun la ley que se presume; y este peso debe ser tal, que corresponda á 1 gr. de plata fina.

Para no emplear la disolucion de plata, que produce comunmente licores difíciles de aclararse, se prefiere aun tomar un peso de algunas milésimas menor que el que se supone en la aleacion; y el cál-

---

2421 gr. de disolucion saturada de sal
97579 gr. de agua (= 97 litr. 579)

100,000 gr. = 100 litros.

Supóngase ahora que, preparada de este modo, la disolucion normal se halle demasiado débil, y que 100 gr. de ella, ensayados mediante la disolucion de plata fina, en lugar de precipitar 1 gr., precipitan solo 0,gr.995 : es decir, falta en cada 100 gr. de esta disolucion una cantidad de sal necesaria para precipitar 0,gr.005 de plata : se pregunta : ¿cuanta disolucion saturada de sal se debe agregar todavia á la mezcla anterior, para que 100 gr. de disolucion precipiten exactamente 1 gr. de plata fina?—Pues que con 100 gr. de disolucion se precipitaron solo 0,gr.995 ; con 100,000 gr., es decir, con 100 litros de esta disolucion se hubieran precipitado 995 gr. de plata ; pero en estos 100 litros habia 2421 gr. de disolucion saturada de sal ; por consiguiente diremos :

$$995 : 2421 :: 5 : c = 12, \text{gr. } 2 :$$

es decir que todavia tenemos que agregar 12, gr. 2 de la misma disolucion saturada de sal, para hacer una disolucion normal exacta. En el caso contrario, y por la misma diferencia 0,gr.005 diremos :

$$1005 : 97{,}579 :: 5 : d = 485{,}5 ;$$

lo que quiere decir que se necesita agregar todavia 485,gr.5 de agua, para que 100 gr. de la disolucion normal precipiten exactamente 1 gr. de plata.

culo no presenta ninguna dificultad. Siendo por ejemplo la *ley* prescrita para la moneda de Francia, 900 milésimas de fino en 1000 de aleacion, y autorizando las leyes del pais una tolerancia de 3 milésimas en mas y otro tanto en ménos para la misma moneda, resulta que en 1000 p. de aleacion puede haber solo 897 de fino. Por consiguiente se hará el cálculo, suponiendo en la moneda que se ensaya, el *mínimun* de la *ley*, y diremos : si para tener 897 milésimas de fino, se necesitan 1000 de aleacion, ¿cuanto de esta misma aleacion se debe tomar para el ensaye, para que dé 1000 milésimas de fino? El cuarto término es 1114 milésimas 82; y se tomarán 1115 miligramos de aleacion para el ensaye. Ahora, siendo la ley de la moneda de Chile 902, diremos:

$$902 : 1000 :: 1000 . x = 1108,6 ;$$

y por consiguiente, para los ensayes de la moneda de Chile, se tomarán solo 1109 miligramos (22 granos, $\frac{2}{10}$). En cuanto á las obras de los plateros, que se admiten en Francia solo de dos especies, una de 956 y otra de 800, con una tolerancia de 5 milésimas, se tomarán para los ensayes 1058 miligramos de una, y 1257 miligramos de la otra.

El ensaye se ejecuta del modo siguiente : despues de haber disuelto la aleacion en el ácido nítrico, se introduce una medida de disolucion normal, y se ajita el frasco, para que el licor se aclare : despues se añade 1 centilitro de disolucion *décima* de sal, lo que corresponde á un milésimo de fino ; se ajita y se añade otra vez 1 centilitro de disolucion *décima*, y así sucesivamente hasta que cese de formarse precipitado. Para determinar la ley, se agregan al gramo de plata fina tantos miligramos cuantos centilitros de disolucion se han empleado para precipitar la plata, ménos uno y medio ; lo que da el número de miligramos contenidos en la cantidad de aleacion sometida al ensaye ; y de esto se saca la ley por una proporcion. *Operacion.*

Supongamos que se haya hecho el ensaye de la moneda de Francia :—ya hemos dicho que, por causa de la ley que se supone en esta aleacion, en lugar de tomar para el ensaye 1 gr. (como se toma para los ensayes por copelacion), se toma 1 gr. 115. Si la disolucion de este peso de aleacion fuera precipitada exactamente por una medida de *disolucion normal*, sin dejar exceso de plata ni faltar nada de fino, ¿qué ley tendria esta aleacion? Como sabemos que de

la disolucion de este 1,gr.115 de aleacion, la disolucion normal ha precipitado 1. gr. de fino, es fácil sacar cuanto fino hubiera precipitado esta disolucion, si no hubiese habido mas que 1,gr.000 de aleacion : diremos entónces :

$$1,115 : 1,000 : : 1,000 : x = 896,86;$$

luego la ley de la aleacion seria 896. Supongamos ahora que haya sido necesario agregar, á mas de la medida entera de dicha disolucion normal, 4 centilitros de disolucion décima, para llegar al punto en que ya no se formase ningun precipitado. Es evidente que, estos 4 centilitros correspondiendo á 4 milésimas de plata, se deberian agregar 4 milésimas á la ley de 896, para tener la ley exacta : pero es claro que, no habiendo producido ningun precipitado el último centilitro, no se lo debe contar, y quedarian solo 3 milésimas para agregar ; y como, á mas de esto, hay motivo de suponer que aun el último centilitro sobraba en parte para precipitar las últimas partículas de plata, sigue de allí que, para aproximarse todavia mas á la verdad, no se debe contar sino la mitad de este penúltimo centilitro. Tendrémos, por consiguiente, que agregar 2 milésimas 50 á la ley, que de antemano se habia supuesto. Si no hubiese que hacer ninguna correccion por el peso de la aleacion que se ha ensayado, se agregarian estas 2,50 milésimas á la ley de 896,86 : pero nótese que el citado peso era 1,gr.115, y que en estas 1115 milésimas hemos encontrado $1000 + 2,50 = 1002,50$ de fino : luego para determinar la verdadera ley, diremos :

$$1115 : 1002 : : 1000 : x = 899,10.$$

Para evitar errores que se pueden cometer en estos cálculos, se forman de antemano *tablas* para los ensayes de las diversas clases de aleaciones.

Si la cantidad de aleacion que se ensaya, tuviese un poco ménos que 1 gr. de plata fina, el licor, despues de haber añadido una medida *normal* de sal marina, no se enturbiaria por la disolucion *décima* de esta sal. Entónces se habria de añadir un centilitro de disolucion décima de plata, para destruir el centilitro de disolucion décima de sal marina, y se continuaria el ensaye, añadiendo un centilitro de la disolucion *décima* de plata, despues otro centilitro de la misma disolucion, hasta que el licor dejase de enturbiarse por la plata : en este caso, para sacar la ley exacta, se restarian de 1 gr. de plata

fina tantos miligramos, ménos uno y medio, cuantos centilitros de disolucion décima de plata se hubiesen empleado.

Para hacer el ensaye de una plata casi fina, se toma 1 gr. de metal, se añade una medida normal de sal marina, y se continua el ensaye por medio de la disolucion décima de plata.

Correcciones relativas á la temperatura.

Como el grado de saturacion de una disolucion de sal pende de la temperatura, resulta que en la misma medida de disolucion no siempre hay la misma cantidad de sal : y por consiguiente, variando la temperatura se ha de hacer una correccion en la ley que se obtiene directamente : Gay-Lussac ha tratado de hacer para esto una tabla de correcciones aplicables á todos los grados de temperatura ; pero comunmente no se hace uso de esta tabla, y se prefiere en el laboratorio de la moneda de Paris, hacer todos los dias por la mañana (ántes de principiar las operaciones) un ensaye sobre 1 gr. de plata fina por medio de las disoluciones décimas, sea de sal marina, sea de nitrato de plata. De este modo se sabe cuantos miligramos de plata fina se precipitan por la disolucion normal ; y por el resultado que se obtiene, se conoce la correccion que se ha de hacer en todos los ensayes que se practiquen en el mismo dia.

La práctica ha probado que la presencia de una pequeña cantidad de metales estraños en una aleacion, no influye sobre la proporcion de sal marina, que se necesita para precipitar la plata. Pero, parece que este método no se pudiera aplicar á las aleaciones de plata, que contuviesen una proporcion considerable de cualquier metal, excepto el cobre. Asi, D'Arcet ha reconocido que no se pudiera de este modo determinar la ley exacta de unas aleaciones de plomo y de plata : èsto proviene de que los cloruros solubles ejercen en jeneral una accion notable sobre la solubilidad del cloruro de plata. Tampoco no se pudiera obtener resultados exactos con aleaciones que contienen un poco de mercurio; porque, siendo poco soluble el cloruro de este metal, se precipitaria con él de plata ; y esto se conoceria por la propiedad que tendria en este caso el precipitado, de no ennegrecerse con la luz.

CAPITULO 9.

ORO.

SECCION 1.ª

Minerales y productos de las artes.

§ 1.º ESPECIES MINERALES.

El oro se halla en abundancia, diseminado en la naturaleza; pero, donde quiera que se encuentre, se halla junto en pequeña cantidad. Este metal constituye muy pocas especies y minerales, y estas especies son:

1.º *El oro nativo*, que comprende las aleaciones de oro con plata y cobre;

2.º *El oro aleado con ródio;*

3.º *El oro gráfico;*

4.º *El plomo oro-telural;*

5.º *El sulfo-telururo de oro y plomo ó telururo hojoso.*

1.º *Oro nativo* sea *puro* sea *platoso.* Siempre diseminado en granos, pepitas, hojillas, agujas; y cristalizado en cubos octaedros, dodecaedros, y otras formas, que derivan del octaedro regular. Su color varia, y es tanto mas pálido y blanquizco, cuanto mayor es la proporcion de plata que contiene; su P. esp. es tambien variable de 12 á 19. Es blando, dúctil, flexible, lustroso en la raspadura.

Boussingault ha analizado 12 variedades de oro nativo, las mas de América meridional, y ha admitido siete combinaciones diferentes, en proporciones fijas, atómicas de oro y de plata.

He aquí las principales de estas especies.

	Mal-paso. (1)	Rio-sucio. (2)	Hojas-anchas. (3)	Trinidad. (4)
oro —	0,8824	0,8794	0,8450	0,8240
plata —	0,1176	0,1206	0,1550	0,1760
	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000.

	Guano. (5)	Transilvania. (6)	Santa Rosa. (7)
oro —	0,7368	0,6452	0,6493
plata —	0,2632	0,3548	0,3507
	1,0000	1,0000	1,0000.

(1) Oro de lavadero de Mal-paso, cerca de Mariquita (Nueva Granada): en granos aplastados de un amarillo obscuro. Su P. esp. 14,706.—Tiene como 8 átomos de oro por 1 at. de plata.

(2) Oro de lavadero del Rio-sucio cerca de Mariquita, en granos irregulares, de un amarillo obscuro. Su P. esp. 14,690.

(3) Oro de lavadero de Hojas-anchas (provincia de Antioquía): en hojas de un amarillo rojizo. Tiene 6 at. de oro por 1 at. de plata.

(4) Oro de lavadero de la Trinidad, cerca de Sta. Rosa de Osos, de color obscuro. Tiene 5 at. de oro por 1 at. de plata.

(5) Oro nativo de Guano, cĕrca de Marmato (Nueva Granada) de un amarillo de laton.

(6) Oro de Transilvania en cristales cúbicos de un amarillo muy pálido.

(7) Oro de lavadero de Sta. Rosa de Osos (provincia de Antioquía) de un amarillo pálido, que tira al verde. Su P. esp. es 14,149. – G. Rose ha analizado gran número de variedades de oro de Asia y de Europa por un método que consiste en atacar el metal por el agua rejia, y reducir el oro por el ácido oxálico. (Véase la descripcion de este método al fin del capítulo). De estas analisis resulta: 1.° que la plata y el oro, siendo metales isomorfos, se hallan combinados en todas proporciones en la naturaleza; de modo que la proporcion de la plata subiendo desde 0,001 hasta 0,360, la del oro baja en la misma proporcion; 2.° que las mas variedades tienen á mas de la plata, un poco de cobre y de hierro, cuyos metales Rose considera como aleados con el oro; y la proporcion de los dos no pasa de 0,004.

Analizadas por el mismo método nueve variedades de oro de Chile dieron:

	Punitaque.	Casuto.		Guaico.
	(1)	(2)	(3)	(4)
oro	0,9162	0,8660	0,8404	0,8569
plata	0,0779	0,1320	0,1539	0,1375
cobre	0,0023	0,0004	0,0010	0,0004
hierro	0,0021	0,0018	0,0009	0,0020
	0,9985	1,0002	0,9962	0,9968
Quilates	22 Qs.	20Q. 19G.	20Q. 4G.	20Q. 13G.

	Andacollo.			Morado.	Caren.
	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
oro	0,9600	0,9315	0,9180	0,9671	0,8290
plata	0,0310	0,0672	0,0785	0,0329	0,1710
cobre	0,0016	0,0015	0,0017	—	—
hierro	0,0013	0,0003	0,0018	—	—
	0,9939	1,0005	1,0000	1,0000	1,0000
Quilates	23Q. 1G.	22Q. 8G.	22Q. 1G	23Q. 5G.	19Q. 21G.

(1) Oro de lavadero de Punitaque : oro grueso de color amarillo subido, limpio en la superficie ; los mas granos aplastados, otros como fibrosos, con pequeños granitos de cuarzo en el interior. El oro, aunque reducido á láminas las mas delgadas posible, dió 0,001 de cuarzo.

(2) Oro de lavadero de Casuto :—en pedacitos de 1 a 2 decigramos de peso muy porosos, con manchas negras en la superficie y una arcilla ocrácea en los poros. Este oro se conoce bajo el nombre de *oro crespo* en el comercio, y tiene la reputacion de ser mas pobre que el *oro liso* (3) ; pero esta opinion proviene de que en la fundicion de este oro se experimenta mayor pérdida que en la del otro, por causa de la arcilla que se halla encerrada en sus concavidades. Este oro proviene del *manto amarillo*, y se halla acompañado con pedacitos redondos de hidrato de hierro y de granito.

(3) *Oro de lavadero de Casuto :* oro llamado *oro liso* en pepitas,

que tienen comunmente 2, 3, hasta 8 y 10 gramos de peso, y son de una superficie muy lisa, llana, con esquinas redondas. Proviene de la parte mas honda del terreno de acarreo, del *manto* llamado *manto azul*, compuesto de una arcilla azuleja, que se deslie con facilidad en el agua, y en medio de la cual no se ven fragmentos de hidrato ó de óxido de hierro y de cuarzo como en los mas lavaderos, solo se ven rodados muy grandes de granito. En la misma localidad se han encontrado *pepas* de oro de mas de 1 libra de peso.

(4) Oro de lavadero de Guaicu (provincia de Talca); de grano grueso, en pedacitos de diverso tamaño, desde 1 hasta mas de 80 centígramos de peso, de color amarillo obscuro, y de superficie áspera, llena de porosidades.

(5), (6), (7) Provienen de los lavaderos de Andacollo, que se esplotan desde tiempos inmemoriales. El oro (5) es oro extremadamente menudo, de color amarillo muy lindo, mezclado con algunos granitos de oro negros en la superficie y otros de cuarzo y de óxido de hierro. El mas puro, despues de haberlo hecho dijerir en el ácido muriático para separar el óxido de hierro, dió todavia en la citada analisis 0,004 de cuarzo en polvo muy ténue, impalpable. Este es el oro que, siendo pegado á los granos de arena y en gran parte embutido en ellos, escapa al primer lavado, y se extrae comunmente de los montones de tierra que quedan despues por muchos años espuestos al contacto del aire, durante cuyo tiempo se descomponen los granos felspáticos, se reducen á polvo; y el oro se disgrega de ellos en el agua. La 2.ª variedad, (6) proviene de una pepita redonda como de 4 gramos de peso, de color amarillo claro, y de superficie muy limpia y pareja. En fin la tercera variedad (7) es oro llamado *oro negro*, que se halla comunmente en granos gruesos y en pepitas, con una superficie desigual, manchada, y á veces enteramente cubierta con una sustancia negra, muy pegada al oro, la cual no es otra cosa mas que hidrato de hierro. Esta sustancia no contiene ningun indicio de cobre, y se disuelve con facilidad en el ácido muriático.

(8) y (9). *Oro de vetas*—como todos los minerales de vetas de oro se benefician en Chile por azogue, y el azogue que se emplea en el beneficio, contiene siempre plata y otros metales estraños, resulta de esto que no se deben considerar los resultados de las citadas análisis hechas del *oro en pella*, es decir, del oro que resulta de la des-

tilacion de las amalgamas, como composicion del oro que se cria en las vetas, sino como ley de las pellas de oro que se encuentran en el comercio. Estas analísis han sido hechas por incuartacion, copelacion y el método de apartar por la via húmeda, sin investigar la presencia del cobre y del hierro.

Resulta de las citadas analísis del oro de lavadero :—1.° que todo oro de lavadero en Chile contiene unas 2 á 3 milésimas de cobre y de hierro, como todas las variedades de oro del antiguo continente : nos hemos asegurado que estos metales no se hallan en estado de óxidos mezclados con el oro, haciendo dijerir de antemano en el ácido muriático y con ayuda del calor, todo oro de lavadero, ántes de someterlo á la analísis ; y se ha visto tambien que el licor muriático que provenia de estas operaciones preliminares, nunca tenia cobre. 2.° Se ve tambien que los mismos lavaderos dan oro de muy diversa ley : se observa aun, en algunas ocasiones, que los granos del mismo tamaño y de misma forma se diferencian en el color : lo que denota diversas leyes y composicion del oro :—de modo que, para investigar si el oro y la plata se combinan en proporciones atómicas fijas ó en todas proporciones, seria preciso analizar solo pedazos enteros ó cristales, y no el oro en polvo ó en fragmentos menudos, que son unas mezclas de diversas alcaciones de oro.

Se observa, á mas de esto, que en Chile el oro así como la mayor parte de los otros metales y minerales nunca se encuentran en cristales, y el oro no presenta en su forma indicio alguno de simetría, miéntras en otras partes del mundo se hallan cristalizados : lo que nos hace ver que la misma causa que ha influido para impedir la cristalizacion de las otras materias, se ha opuesto á la del oro.

En fin, citaremos la composicion de algunas especies, que se diferencian mucho de las mas comunes.

		(1)	(2)	(3)
oro	—	0,2800	0,7800	0,9896
plata	—	0,7200	0,0948	0,0016
cobre	—	—	0,1180	0,0035
hierro	—	—	—	0,0005
		1,0000	0,9928	0,9952.

(1) Oro de Schlangenberg,—analizado por el Dr. Fortia ;

(2) — analizado por Thomson ;

(3) Oro de lavadero de Schabravskoy cerca de Ecaterinenburg;—por G. Rose.

Parece que el oro perfectamente fino no se ha encontrado nunca en la naturaleza.

Boussingault ha notado que las aleaciones nativas de oro y plata tienen siempre un P. esp. menor que el P. esp medio de los dos metales, sacado de las proporciones en que se hallan aleados; y lo que hay de mas particular en esto, es que, las mismas aleaciones siendo fundidas, su P. esp. aumenta mucho, y se acerca al medio.

2.° *Aleaciones de oro y de rodio.* Del Rio ha encontrado entre los minerales de oro de Méjico aleaciones de oro y de rodio, que tienen el mismo color que el oro nativo y cantidades muy variables de rodio, cuya proporcion media es 0,34. Estas aleaciones se disuelven bien en el agua réjia.

3.° *Oro gráfico (metal escrito).* Rara vez en masas; mas bien en pegaduras y cristalizado en prismas rombales de 106 á 107°, a veces tan delgados como agujas, y se atraviesan unos á otros en ángulos de 60 y 120°, imitando la escritura oriental. Es de color gris de acero claro, que con el tiempo se obscurece; lustre metálico, raspadura del mismo color y algo mas lustrosa; estructura granuda de grano fino, fractura desigual. Es blando, quebradizo; su P. esp. 5,723. Al soplete, sobre carbon, se funde con facilidad en un globulito gris; calcinando este globulito, se produce un humo blanco, que se pega al carbon; y despues, soplando por mas tiempo, desaparece, desarrollando una luz verde ó azuleja. Despues de calcinado, queda un grano metálico dúctil, de color amarillo claro. En el tubo abierto, despide un olor picante; se forma cerca del ensaye humo gris de teluro metálico, y mas arriba humo blanco de óxido de teluro, fusible. Es atacable por el ácido nítrico; y consta segun Klaproth de:

oro	0,30
plata	0,10
teluro	0,60

Es muy escaso; se cria con cuarzo, pirita, blenda y cobre gris. Hasta ahora solo se ha encontrado en Offenbanya y Nagyag en Transilvania.

3.° *Plomo oro-telural (metal hojoso de Nagyag).* En masas, diseminado y cristalizado en tablas hexágonas de superficie lisa y lustrosa, y que se cruzan á veces en figura celular. Es de color gris de

plomo negruzco que tira mucho á negro de hierro, lustre metálico, por dentro lustroso : su estructura hojosa perfecta, las mas veces curva, de simple crucero paralelo á las caras mayores de las tablas. Es blando, dócil, tizna algo, un poco flexible ; su P. esp. 8,918. Al soplete, sobre carbon, se funde, forma una pegadura amarilla, y queda un grano de oro y plata dúctil. En el tubo abierto, humea con olor sulfuroso, formando un sublimado gris de telurato de plomo encima de la prueba, y mas arriba un sublimado blanco de ácido telúrico, que es muy fusible. Klaproth sacó

oro	0,090
plata	0,005
plomo	0,540
cobre	0,013
teluro	0,322
azufre	0,032.

Berthier ha analizado otra variedad de la misma especie, compuesta de

oro	0,067	telururo de oro	0,197
teluro	0,130	súlfuro de plomo	0,729
plomo	0,631	súlfuro de antimonio	0,062
antimonio	0,045	súlfuro de cobre	0,012
cobre	0,010		
azufre	0,117		1,000.
	1,000.		

Es por consiguiente una mezcla de telururo de oro con tres súlfuros. Su P. esp. 6,84. Es atacable por el ácido nítrico aun débil.

Hasta ahora no se han encontrado estas especies minerales en ninguna otra parte del globo mas que en Nagyag en Transilvania ; se hallan acompañadas con el oro nativo, sulfuro de manganesa, blenda parda y cobre gris.

4.° *Metal amarillo, oro blanco, plata telural, ó telururo hojoso.* Se halla diseminado en agujas, á veces en prismas rectángulos de cuatro caras ; comunmente en hojas delgadas. Es de color amarillo, entre amarillo de laton y blanco de plata. Cristales por fuera resplandecientes y lustrosos. Estructura hojosa, crucero paralelo á las caras anchas del prisma ; fractura transversal, desigual, de grano fino. Es blando, dócil, quebradizo. P. esp. 10,678. Atacable por el ácido nítrico. Al soplete se porta como el anterior. Klaproth sacó

oro	0,2675
plata	0,0850
plomo	0,1950
teluro	0,4475
azufre	0,0050
	1,0000.

Es muy escaso; —se halla con los anteriores en Nagyag en Transilvania.

§ 2.° MINERALES (O METALES) DE ORO.

Produccion del oro.

Ya hemos dicho que el oro se halla extremadamente diseminado en la naturaleza. Toda la costa del Pacífico, la mesa central de Méjico, la de minas Geraes en el Brasil, el declive oriental de los cerros de Ural y una infinidad de localidades en los dos continentes, suministran todos las años al comercio cerca de 100,000 marcos de este precioso metal, en cuya produccion Chile ocupaba ántes el tercer lugar. En efecto, el Brasil era el pais que al principio de este siglo producia la mayor cantidad de oro (28,000 M.); venia despues Colombia, y en particular Nueva Granada, cuya produccion anual subia á 19 ó 20 mil marcos; y en Chile, se extraia mas de 11,000 M. anualmente, mientras ahora la estraccion anual de oro en esta República ápenas pasa de 3,000 M.—El pais, que produce actualmente mayor cantidad de oro, es la Rusia : en realidad, desde el descubrimiento de las minas de Ural en 1814, se extraen todos los años en ese pais como 230 pud (18 á 19 mil marcos) de oro. En 26 de marzo de 1826 se halló en los lavaderos de Zlato-Ust una pepa de oro, que pesaba 24 libras 12 onzas.

Clasificacion.

Si se exceptua una cantidad muy pequeña é insignificante de minerales *telurados*, que se extraen de algunas minas de Transilvania, y que se hallan actualmente casi agotadas, el oro, en toda esta estension de minas y terrenos auríferos, se halla siempre en estado metálico, siempre aleado con plata, y jamás combinado con azufre, arsénico, antimonio, ó algun otro cuerpo *negativo* no metálico. La distincion, por consiguiente, y la clasificacion de los minerales de oro, provienen : 1.° de la diversa naturaleza de los terrenos en que se halla este metal ; 2.° de la diversidad de sus criaderos.

Con respecto á los terrenos en que se encuentran estos minerales, se distinguen dos clases de ellos, que son :

(A) *Oro de lavadero,*

(B) *Oro de vetas.*

(A) *Oro de lavadero.* Esta clase de minerales de oro consta de unas capas de arena, guijarro, cascajo, arcillas, y á veces piedras rodadas muy grandes, que constituyen un *terreno de acarreo ó aluviones* en la superficie de unas rocas graníticas de cuya destruccion provienen. En medio de estas capas ó mantos, como dicen los mineros, el oro se halla diseminado en granos, hojillas, cristales, y á veces en pedazos grandes, redondeados, que se llaman *pepitas.* Lo que acompaña comunmente al oro, y hace muchas veces distinguir el manto aurífero de los mantos estériles, son unos pedazos de hidrato de hierro, de cuarzo, de hierro espejado (arenilla) con granitos esquinados de felspato, hojillas de mica y pequeños granitos de cuarzo, en una palabra, fragmentos de las mismas rocas y vetas en medio de las cuales el oro se cria. En otros parajes, como en la costa de Chocó, en los lavaderos de Minas Geraes, y en los de Siberia, los mismos terrenos contienen platina, diamantes, záfiros y otras piedras jemas. Las arcillas que unen todo esto, y son mas abundantes, se deslien con facilidad en el agua; provienen, segun parece, de la descomposicion del mismo felspato, que jeneralmente constituye el elemento principal de las rocas auríferas; y son estas arcillas unas veces ferrujinosas, coloradas, como, por ejemplo, en los lavaderos de Andacollo, de Casa Blanca, de Punitaque, de Catapirco &c.; otras veces de grano muy fino, blancas, verdosas ó azulejas, como en Casuto.

Arenas auríferas.

En jeneral, las arenas auríferas se distinguen de las arenas estériles de los rios y de las playas, por su grano mas esquinado, grueso, que indica la proximidad de los cerros y de las vetas, de cuya destruccion provienen; se distinguen tambien de la arena *terciaria,* que comunmente cubre los llanos, ó constituye capas muy gruesas en los valles y en las embocaduras de los rios y en la costa, por ser esta última casi siempre calcárea, muchas veces terrosa, ó de grano mas redondo, con fragmentos de conchas y mariscos, miéntras la verdadera aurífera en Chile, no contiene restos orgánicos, ni hace efervescencia con los ácidos.

Los terrenos de lavaderos de Chile se hallan siempre en medio de los cerros graníticos, forman mesetas de poca estension y a diversas alturas; son por lo comun mas elevados que los llanos terciarios

de la costa, y siempre se hallan rodeados de unos cerros, donde se trabajan ó se habian trabajado vetas de oro. Estos terrenos tienen comunmente 20, 30 hasta 40 varas de grueso, y á veces cubren apénas la roca, ó llenan unas quebradas angostas, muy hondas, como son los del Hierro Viejo (Petorca). En medio de estos terrenos el oro se halla diseminado de un modo muy irregular ; y á veces se halla en todo el grueso de *aluviones* : sin embargo, parece que la mayor riqueza ó el verdadero *manto* se halla siempre en la parte mas baja del terreno de *acarreo*, en donde este descansa en la roca firme, en el granito mismo. Como, al mismo tiempo es por donde se filtran comunmente las aguas subterráneas, resulta de allí que casi siempre el laboreo de estos mantos se halla inundado por las aguas, que sirven al mismo tiempo al lavado y extraccion del oro.

Hay lavaderos en que todo el oro que producen, es oro grueso, unas veces en pepitas redondas, lisas, otras veces en pedacitos porosos, (crespos). En este caso se hallan los principales lavaderos de Casuto, cuyo *manto* azul, así llamado por el color de las arcillas que lo constituyen, se halla en contacto con la misma roca firme, granítica, y en medio de unos rodados inmensos graníticos. Otros lavaderos, como los de Andacollo, producen mucho oro menudo de una ley muy subida, y casualmente se hallan pepas grandes. Los mismos lavaderos, como ya se ha dicho, producen oro de diversa ley.

Ley de las arenas auríferas.

Si se exceptuan los granos gruesos de oro, diseminados de un modo muy desigual, y que por esto no pueden entrar en el avaluo de la ley de las arenas auríferas, que constituyen la masa principal de los *mantos*, el comun de estas arenas en Chile rara vez tiene mas de una onza de oro por 64 quintales.—En este caso se hallan las mas arenas auríferas de Andacollo, las de las inmediaciones de Valparaiso, de Casa Blanca &c. Hay sin embargo tierras en que el oro es tan menudo, tan pegado á los granitos de arena, y encubierto á veces con hidrato de hierro, que, aunque no presenten casi nada á la vista, dan sin embargo una ley muy subida en los ensayes por fundicion. Se pueden, por ejemplo, citar unas arenas auríferas de Casa Blanca, de color rojo de ladrillos, de grano muy pequeño pero esquinado, cuyo *comun* bien molido y revuelto da á veces hasta $\frac{42}{100}$ de libra (42 castellanos) de oro por cajon.

Es digno de notar que, aun en los paises donde las arenas au-

ríferas se benefician en grande, y producen riquezas inmensas, como, por ejemplo, en los lavaderos de Rusia, ó bien en los del Brasil, la ley media de estas arenas no es mayor que la que se observa en Chile. Así, en una memoria comunicada á la reunion de los naturalistas en Iena, (en 1826) por el jeneral Tscheffkin, se ve que la ley media de las tierras auríferas de Ekaterinenburg en Rusia, no pasa de $\frac{73}{56}$ zolotnik por 100 pud (lo que corresponde á una ley de 0,0000071 = $4\frac{1}{2}$ castellanos por cajon).

(B) *Oro de vetas.* Los minerales de oro, que se extraen de las vetas, se distinguen, y se clasifican por la diversa naturaleza de sus criaderos. Desde luego se deben distinguir:

(a) *Los metales de oro propiamente dichos*, es decir, los que no se benefician sino por oro;

(b) *Los metales de plata auríferos*, que se benefician por plata, y en cuyo beneficio el oro hace un papel segundario.

(a) *Los metales de oro propiamente dichos* son de dos especies. en unos, el oro tiene por criaderos el hidrato de hierro, el cuarzo, el hierro espejado, unas arcillas ocráceas, á veces los carbonatos de plomo y de cobre: estos minerales se llaman comunmente *metales de color de oro*: en otros, el oro se cria en medio de la pirita de hierro, del cuarzo, de la blenda, á veces con la pirita cobriza y otros minerales de cobre, con el sulfo-arseniuro de hierro, con la galena &c.; y estos minerales se llaman por los beneficiadores, *metales de bronce.*

Metales de color. En jeneral, casi siempre las dos clases de minerales se hallan en unas mismas vetas, con la diferencia de que aquellos ocupan la parte superior de ellas, y los segundos aparecen en hondura. Los primeros son casi siempre de un beneficio mas facil que los otros, por que, si se les aplica el método mas sencillo del lavado, la diferencia muy grande entre el peso específico de los criaderos, que es de 3 á 5, y el del oro, que varía de 12 á 19, hace que la separacion del último metal se verifica pronto y completamente; y si se emplea el método de amalgamacion, no habiendo en los minerales ningun súlfuro, el mercurio no se destruye, y se apodera con mayor facilidad del oro.

Metales ferrujinosos. El mas comun de todos los minerales de esta clase es un mineral de hidrato de hierro con criadero de cuarzo y hojillas de oro, ó bien un cuarzo poroso, á veces escoriáceo, liviano, mezclado con una

arcilla ocrácea amarilla ó rojiza y con pequeños granitos de oro. Se observa que, en jeneral, un cuarzo compacto, masizo, denso, con poco hierro, es estéril, ó forma minerales muy pobres, miéntras el mismo cuarzo, heterojéneo, mezclado con mucho hidrato de hierro y poroso, contiene mas oro. Otra observacion, que se debe á los mineros prácticos, es esta :—siendo el oro, en la mayor parte de estos minerales, en hojillas muy delgadas ó granitos pequeños, y diseminados muy desigualmente, este oro se percibe á la simple vista, aun cuando la ley del mineral no llegue á una media milésima de oro por unidad de mineral. Por esto corre un antiguo adajio entre los mineros, que, para que un metal de color de oro dé una libra de oro por cajon (64 quintales), es preciso que tenga oro á la vista. En efecto, esta opinion, que parece inverosímil, si se considera que en cualquier mineral de plata que tenga plata á la vista, la ley no puede bajar de 20 á 30 libras por cajon, esta opinion, digo, se verifica en los ensayes por la via seca. Así, un mineral de las inmediaciones de Coquimbo en que se veia diseminado en algunas partes el oro en hojillas muy menudas, dió en un ensaye hecho por fundicion con toda la prolijidad posible 0,00016 = 102 castellanos por cajon. Unos minerales ferrujinosos negros de Aconcagua, que anunciaban á la poruña oro muy menudo, dieron — — — 6½ casts. p. c.
otros de misma clase del Huasco alto — 42 id. id.
otros de color amarillo de la mina del Toro en Andacollo 40 id. id.

Es de observar que el oro de estos minerales es casi siempre de una ley muy elevada, y casi siempre muy menudo.

Pero, á mas de estos minerales *de color*, que son los mas comunes en Chile, hay otros, cuya naturaleza, con respecto a los criaderos, es muy distinta, y son unas veces :

Metales cobrizos.

Metales de color de cobre con oro á la vista, como suelen salir en una que otra colpa los minerales de cobre de Tamaya, de Punitaque &c.

Otras veces, *metales de color de plomo*, que son unas mezclas de carbonato de plomo con carbonato de cobre, y muchas veces con galena.

Metales plomizos.

Estos últimos merecen particularmente la atencion de los mineros : en primer lugar, porque suelen a veces tener una ley considerable de oro ; y segundo, porque se pudiera con facilidad extraer de

ellos el oro aleado con plomo, fundiendo estos minerales en hornos de manga ó de reverbero. Un mineral de esta clase, procedente de la mina de Garin en el camino de los Púquios (Copiapó), compuesto de galena, carbonato de plomo y arseniato de plomo, dió en una analísis— plomo 0,2220 = 14 quintales $\frac{2}{10}$ por cajon ;
plata 0,0066 = 88 marcos por cajon ;
oro 0,0000312 = 20 castellanos por cajon.

Un otro *metal* de carbonato de plomo, de las minas de Copiapó (no se sabe de que mina), dió
plomo 0,6100 = 39 quintales por cajon ;
plata 0,0044 = 54 marcos por cajon ;
oro 0,00005 = 32 castellanos por cajon.

Otro metal análogo, compuesto de carbonato de plomo, y procedente de las provincias del Sud, de unas minas de oro situadas en la hacienda de Cocalan (departamento de Rancagua) — —
plomo 0,44000 = 28 quintales 16 libras p. c.
plata 0,00050 = $6\frac{1}{2}$ marcos — — p. c.
oro 0,00005 = 32 castellanos — p. c.

Una mina de oro en el cerro de Cárcamo en el departamento de Combarbalá, daba tambien esta clase de metales, compuestos de carbonato de plomo y carbonato de cobre, con oro grueso de color amarillo pálido.

En jeneral, el oro de estos minerales es de ley baja, por la plata que contienen, y rara vez se ve á la simple vista.

Metales de bronce de oro. Los minerales de esta clase son :

(1) Los de pirita de hierro, unas veces pura, con criadero de cuarzo, sin cobre ; otras veces mas ó ménos cobriza ;

(2) Los de pirita mezclada con blenda y cuarzo, á veces de blenda casi pura sin pirita, con criadero de cuarzo ;

(3) Los mismos mezclados con sulfo-arseniuro de hierro, con galena, y á veces con cobre gris :—estos son mas escasos, y solo en algunas minas se hallan casualmente.

Pirita aurífera. Los minerales de pirita de hierro aurífera son los mas abundantes y en jeneral, forman el objeto principal de esplotacion en las mas minas de oro. La pirita está casi siempre en masas ó cristalizada en cubos ú octaedros, y muy rara vez en formas mas complicadas, miéntras en las minas de cobre, y de otros minerales que no

contienen oro, la misma pirita se halla comunmente en dodecaedros pentagonales, en icosaedros &c. El cuarzo, que acompaña las piritas auríferas, es por lo comun poroso, opaco. El oro está casi siempre en partículas extremadamente pequeñas, de color muy lindo, subido, y muy rara vez de grano bastante grueso ó de hojas bastante anchas, para que se pueda divisarlo en el mineral no molido, á la simple vista. Solo por el lavado muy prolijo, en la *poruña*, como lo hacen los mineros de Chile, en una canalita inclinada, ó en un tubo, como lo aconseja Boussingault, se descubre el polvo aurífero

Este polvo en los minerales de Chile, es en jeneral de una ley muy subida, las mas veces mayor que la del oro de los lavaderos mas inmediatos; y como todo el oro de los terrenos de acarreo proviene de la destruccion de la parte superior de las vetas, se echa de ver que el oro de la superficie ó de los *crestones* de las vetas de Chile habrá sido mas grueso y aleado con mayor cantidad de plata que el que se halla en hondura.

Segun Boussingault, las piritas de Marmato en Colombia contienen á veces grupos de cristales de oro, que pesan mas de ½ onza; el oro no es muy fino; y en jeneral los minerales que se consideran como pobres, pero que dan alguna utilidad, siendo trabajados por los negros, contienen 0,0002 de oro, lo que corresponde como á 1 libra 4 onzas por cajon.

Esta ley muy rara vez se encuentra en los *metales de bronce de oro* en Chile; porque los mas dan apénas 40 á 50 pesos de oro por cajon ($\frac{16}{100}$ á $\frac{20}{100}$ de una libra, es decir, 16 á 20 castellanos por cajon). He aquí algunos ejemplos.

	en fracciones decimales.	en casts. p. c.
Petorca :—minas del Bronce—piritas de hierro; ley media de los minerales que se benefician	0,0000312	20
Id. piritas botadas en los desmontes	0,0000166	10½
Illapel :—minas del Romero—pirita cobriza con criadero de cuarzo	0,0000250	16
Id. pirita pura, cristalizada en octaedros sin ningun criadero	0,0000200	12⅘
Id. mina de las Vacas, la mas antigua y mas metalera de Chile :—los metales comunes	0,0000300	18 á 20
Caleo—metal de bronce cobrizo, mezclado		

con hidrato de hierro y cuarzo	0,0000500	32
Huasco alto—bronce *tornasolado*	0,0001000	61
Rancagua—mina de Yaquil, bronce cobrizo	0,0001500	96
Id. mina de la Mula Muerta, pirita	0,0000670	43
Talca de Barraza—metal de bronce con mucho cuarzo poroso y algunas puntillas de oro á la vista	0,000530	339
Andacollo:—mina la Churumata—metal parecido al anterior	0,000680	392

En jeneral, los minerales de pirita aurífera, que se trabajan y benefician con utilidad en Chile, tienen á lo ménos 0,000025 á 0,00003, es decir, 16 á 20 castellanos por cajon; y todos se benefician hasta ahora solo por el lavado.

En Rusia, en las minas de Ekaterinenburg se utilizan los minerales de una ley cuatro veces menor que aquella; y en el Piamonte hace cuenta beneficiar en unos molinos de amalgamacion, las piritas que no tienen mas que 0,00001 (6 cast. p. c.).

Es admirable la destreza con que los mineros de Chile ensayan los minerales pobres de bronce *á la poruña*, es decir, por el simple lavado en unos cuernos de asta, determinando todo á la simple vista, sin pesar ni el mineral ni el oro; y rara vez yerran de 5 á 6 castellanos por cajon, en lo que los mismos minerales dan en un ensaye mas prolijo hecho por fundicion.

Metales de bronce con mucha blenda.

Los minerales que contienen mucha blenda mezclada con pirita, son de la misma naturaleza que los anteriores. La blenda es casi siempre negra, de lustre de vidrio y atacable con mucha facilidad por el ácido muriático, con desarrollo de hidrojeno sulfurado, sin depósito de azufre: es por lo comun un sulfuro doble de zinc y de hierro. Boussingault ha encontrado en las vetas de pirita aurífera de Candado (cerca de Marmato, provincia de Popayan), una blenda negra, hojosa que se disuelve completamente en el ácido muriático, y contiene 3 atomos de sulfuro de zinc por 1 átomo de sulfuro de hierro. Una blenda de la misma especie se halla en la Leona y la Leonilla, minas de oro cerca de Rancagua. Esta blenda se considera por los mineros como indicio de la presencia del oro en los minerales, sobre todo, cuando se halla mezclada al mismo tiempo con pirita y cuarzo

Una colpa de este mineral, compuesta de mas de tres cuartas partes de su peso de blenda, dió en unos ensayes por la via seca 0,00015 = 96 castellanos de oro por cajon, á pesar de que no habia ningun indicio de partículas de oro á la vista. La parte de esta blenda, soluble en el ácido muriático, tiene como 8 átomos de protosúlfuro de zinc por 1 átomo de protosúlfuro de hierro; y las dos citadas especies constan de

	Marmato.		Rancagua.
protosulfuro de zinc	0,771	—	0,897
de hierro	0,229	—	0,103
	1,000		1,000.

(b) *Metales de plata auríferos.* Los mas minerales de plata de los dos continentes son auríferos, y la plata que proviene de su beneficio, es casi siempre aleada con un poco de oro. Sonnenschmid hablando de los minerales de Méjico, dice en su Tratado de la amalgamacion (p. 9) :—"En muchas ocasiones el oro acompaña á la plata de los minerales en tan poca cantidad, que, si los dos metales se revolviesen, no haria cuenta volverlos á apartar : para remediar este inconveniente, se introduce, cuando se muelen minerales, en cada tahona (trapiche) una corta porcion de azogue, que manteniendose en el fondo y en las hendiduras de las piedras, se traba continuamente con el asiento metálico mas pesado, y estrae así la mayor parte del oro que contiene el mineral, junto con alguna plata. Como esta amalgama ó pella se mantiene en el fondo y en las hendiduras de las tahonas (de la solera), no hay riesgo de que se saque con las lamas que diariamente se descargan. Cada ocho ó quince dias se junta esta amalgama, raspando con unos hierros hechos á propósito para esta operacion, todas las hendiduras de las tahonas. Despues se limpia, se quema, y se afina en un pequeño horno de afinacion que llaman fuelle, resultando plata con considerable ley de oro. Pero este método carece de exactitud por no extraer siempre todo el oro, lo cual es tan á la vista, que á veces, en deslamando los resíduos de la amalgamacion ó beneficio del patio en una jícara (achua), se observa una ceja de oro vírgen."

Minerales de plata aurífera en Méjico.

Segun Humboldt, casi todas las vetas de plata de Méjico contienen oro; y la de Guanajuato da como un marco de oro por cada 360 marcos de plata. En Villalpando cerca de Guanajuato, en la mina de Santa-cruz, la veta principal se halla atravesada por un gran número

de pequeñas *guias* terrosas (guias podridas), tan ricas en oro, (á pesar de que este metal es invisible), que, para evitar robos, se obliga á los mineros, á que se bañen en una gran tina, al salir de las minas.

Minerales de plata aurífera en Chile.

En Chile, no todas las minas de plata tienen oro: aun se puede decir que, en jeneral, las que producen mucha plata córnea ó amalgama nativa, no anuncian ningun indicio de oro en sus minerales; y la plata que proviene de su beneficio, no es aurífera. En este caso se hallan las minas de plata de Chañarcillo, de Agua-amarga y de Arqueros: y como estas son las minas principales de Chile, resulta que la industria de apartar el oro de los minerales de plata, no se conoce hasta ahora en esta República. Sin embargo las demas minas de plata que se hallan mas á la cordillera, y dan plata sulfúrea, antimonial ó arsenical, y todas aquellas de donde se sacan los minerales cobrizos ó plomizos, son auríferas; y la plata que se extrae del beneficio de estos minerales, contiene oro. Así, los minerales de súlfuro de cobre con galena y blenda de las minas de plata de San Pedro Nolasco, de Catemo, de San Antonio; los mas de cobre gris, de galena y de cobre abigarrado de los departamentos de Combarbalá y de Elqui, y tambien casi todos los minerales de galena y de carbonato de plomo, como los de Rapel, de Paiguano, de Chapilca &c.; todos estos minerales ensayados por plata, dan comunmente un boton de plata, que no se disuelve enteramente en el ácido nítrico, y deja siempre un pequeño residuo de oro.

En cuanto al lecho de los diversos minerales de oro en Chile, se puede decir que, en jeneral, las vetas de oro propiamente dichas se hallan en los terrenos graníticos no estratificados, en las rocas que en jeneral constituyen la costa del Pacífico y la parte mas elevada de los Andes, y que se conocen en la geologia bajo la denominacion de *rocas primitivas, rocas de sublevamiento, rocas de cristalizacion.* En efecto, sobre estas rocas descansa el terreno segundario de los Andes, como tambien la mayor parte de los terrenos terciarios; y en donde quiera que rompan estas rocas algun terreno estratificado, suelen aparecer en ellas vetas de oro y de cobre. Estas últimas, segun parece, son mas modernas que aquellas, porque se ha observado en varias ocasiones que, apareciendo una veta de cobre en medio de las minas de oro, este último metal desaparecia, ó sus minerales disminuian considerablemente de ley. Ahora, con respecto á los minera-

les de lavaderos, ya se ha dicho que estos se hallan en los terrenos, que provienen de la destruccion de los anteriores; miéntras los minerales de plata aurífera tienen su lecho enteramente distinto, en medio de unos terrenos estratificados, las mas veces porfíricos.

Seccion 2.ª

Modos de ensayar.

---

§ 1.° CLASIFICACION DE LAS MATERIAS Y EXPRESION DE LA LEY.

Entre las materias que contienen oro, tenemos que distinguir:

1.° Las que no pueden pasar inmediatamente á la copelacion: como son los mas minerales, algunas aleaciones, las cenizas de los plateros &c. *Clasificacion.*

2.° Las que pasan á la copelacion: tales son algunos minerales, como la galena, los telururos &c. y las aleaciones del oro con aquellos metales, que se pueden separar de la plata por esta operacion;

3.° Las aleaciones del oro con plata y platina, las que no se pueden ensayar exactamente sino por la via húmeda.

Hay tres modos de expresar la ley de las materias que contienen oro:—el primer modo se aplica indistintamente á todas las materias, sea á los minerales, sea á las aleaciones; y este modo consiste en expresar la proporcion de oro que hay en una materia, en fraccion decimal de la unidad, como se hace para las aleaciones de plata. Así, la ley de un mineral 0,00025 quiere decir que en cada cien mil partes de mineral hay 25 partes de oro. *Expresion de la ley.* *En fracciones decimales.*

El segundo modo, que se usa comunmente en Chile, se aplica solo á los minerales de oro, y consiste en expresar cuantas libras y fracciones de libra de oro hay en un cajon ó en cada 64 quintales de mineral. En esto, la libra se divide en 2 marcos = 100 castellanos = 800 tomines = 9600 granos. Para trasformar una ley expresada en fracciones decimales, en otra expresada en libras, castellanos, tomines &c., tenemos que multiplicar la misma fraccion deci- *En castellanos*

mal que es la expresion de la ley, por 6400: en este caso las unidades expresan el número de libras; y las dos primeras cifras decimales, el número de castellanos de oro que hay en un cajon ó en cada 64 quintales de mineral. Supongamos que el mineral tenga una ley de 0,00151 de oro; multiplicando esto por 6400, resulta 9,664: lo que quiere decir que hay 9 libras, 66 castellanos y $\frac{4}{10}$ de un castellano de oro en cada 64 quintales de mineral; y como en cada castellano hay 8 tomines, la fraccion $\frac{4}{10}$ de un castellano es $=$8 veces $\frac{4}{10}$ $=$3 tomines $\frac{2}{10}$ de 1 tomin de oro. En fin, habiendo en cada tomin 12 granos, la fraccion $\frac{2}{10}$ de 1 tomin es igual á 12 veces $\frac{2}{10}$ $= 2\ \frac{4}{10}$ granos. Ahora, para trasformar una ley expresada en libras, castellanos, tomines y granos, en otra que sea de fracciones decimales, es preciso reducir los castellanos, tomines y granos en fraccion decimal de una libra; se agrega esta fraccion al número de libras, y se divide todo por 6400.

En quilates.

El tercer modo de expresar la ley de oro, se aplica solo á las alcaciones; y en lugar de expresar la proporcion de oro en fracciones decimales, es decir, en milésimas ó diez milésimas, lo que hace suponer que la unidad se divide en mil ó diez mil partes, se supone que la misma unidad se divide en 24 partes que se llaman *quilates*, y cada quilate en 24 partes llamadas *granos*: de modo que en este caso la unidad se divide en 24 veces $24 = 576$. Si se pregunta ahora ¿cuantos quilates y granos dará un oro de 0,900, que es la ley de la moneda de oro en Francia? Diremos: 1000 es á 24 como 900 es al número de quilates que se busca, y que es $24.\frac{900}{1000} = 21\ \frac{6}{10}$ quilates. Para reducir la fraccion $\frac{6}{10}$ de un quilate en granos, como en cada quilate hay 24 granos, se multiplica esta fraccion por 24, y tendremos $14\ \frac{4}{10}$ granos. La conversion de los quilates y granos en partes decimales se hace observando un órden inverso. Si se pregunta cuantas milésimas dará el oro de 21 quilates, que es la ley de la moneda de oro en Chile y en todas las Américas ántes españolas, se dirá:

$$24 : 1000 :: 21 : x = 875.$$

Se advierte que, miéntras en España y en Inglaterra se divide el quilate en 24 partes, en Francia y en Holanda se divide en 32.

§ 2.° MATERIAS QUE NO PUEDEN PASAR INMEDIATAMENTE A LA COPELACION.

Método jeneral. Se ensayan estas materias del mismo modo que

las que contienen plata, por escorificacion, por fundicion despues de haberlas calcinado, ó por fundicion sin calcinarlas préviamente ; y como son ordinariamente muy pobres de oro, se deben tomar para el ensaye á lo ménos 25 gr. en vez de 10 gr., que bastan para los ensayes de plata. En jeneral, cuando contienen óxido de plomo, se funden con flujo negro : cuando se componen solo de sustancias oxidadas, pero no contienen óxido de plomo, se funden con flujo negro y litargirio : cuando constan de un criadero pedregoso mezclado con algunas sustancias oxidables, como son las piritas arsenicales ó cobrizas, lo que sucede muy á menudo, se funden entónces con litargirio, sin agregar reductivo alguno : en fin, cuando constan de sustancias oxidables casi puras, se han de fundir con una mezcla de litargirio y salitre, á fin de evitar la necesidad de copelar una gran cantidad de plomo. Es necesario que toda la masa esté bien fundida y perfectamente líquida, á fin de que no queden granallas en la escoria; y como la cantidad de esta masa que se ensaya, es muy considerable, conviene dividirla en dos ó tres porciones que se funden por separado en unos crisoles que no se deben llenar sino á las tres cuartas partes de su capacidad. Cuando las sustancias que se ensayan, contienen azufre, importa mucho que la operacion se verifique de tal modo, que todo el azufre se queme por el oxijeno de los reactivos oxidantes, y no se formen súlfuros alcalinos, porque estos súlfuros retendrian siempre cierta cantidad de oro, que no se les puede quitar ni por el plomo ni por ningun otro metal.—Así, fundiendo con 30 gr. de flujo negro, 10 gr. de súlfo–telururo de oro y de plomo que habian producido 0,067 de oro por la via húmeda, se perdió como una quinta parte de oro en las escorias :—la misma cantidad de este mineral fundida con 2 gr. de limadura de hierro, perdió en la escoria solo una undécima parte del oro contenido en el mineral; en fin, se ha reconocido que, para no perder oro en las escorias, y para que el plomo que proviene del ensaye, sea libre del antimonio y del teluro, cuyas sustancias harian difícil la copelacion, es preciso fundir este mineral con 20 á 25 partes de litargirio.

Por esta causa, es absolutamente necesario distinguir en los ensayes de oro, las materias que tienen azufre, de las que no lo tienen ; y se ve que los metodos, que sirven para estas últimas, darian resultados muy inexactos en las primeras. Entre aquellas, la que mas

á menudo suele ensayarse, es la pirita aurífera ; y entre las otras, son las tierras auríferas de lavaderos y los metales de color de vetas, los que merecen un estudio particular de parte del ensayador.

Tierras de lavaderos. Las arenas auríferas ó tierras de lavaderos nunca contienen pirita ni alguna otra sustancia oxidable : por esto, todas se ensayan con la mayor facilidad fundiendolas con litargirio, borax y flujo negro, ó bien con litargirio, potasa ó sosa del comercio, borax y carbon. Una de las mezclas que convienen á esta clase de ensayes, es por 1 p. de mineral 1 p. de litargirio, 1 p. de borax, 1 á 1½ p. de potasa ó sosa y 1 gramo de carbon molido, es decir :

50 gramos (1000 granos) de mineral			50 gr. mineral	
50	—	de litargirio		50 — litargirio
50 á 75	gr.	de potasa	ó bien	50 — borax vitrificado
50	—	de borax		25 — de flujo negro.
1	—	de carbon.		

Metales de color. Del mismo modo se pueden ensayar los mas *metales de color*, con la diferencia de que, habiendo en ellos por lo comun mucho peróxido de hierro y á veces peróxido de manganesa, cuyos óxidos con el contacto del borax y del carbon pasan al estado de protóxido, es menester agregar mucho mas reductivo, en algunos casos, 3 á 4 veces mas de lo que se emplea en el caso anterior, porque en este caso, una parte de carbon se quema por el oxijeno de los citados óxidos. Solo se advierte que, ántes de adoptar este método, es preciso asegurarse bien que en el mineral que se ensaya, no haya ningun vestijio de pirita, lo que sucede muy rara vez : y en caso que hubiese algunas partes piritosas, es menester calcinar de antemano el mineral, y aumentar al fin de la operacion el fuego, para descomponer completamente el sulfato.

Súlfuros alcalinos. *Pirita aurífera.*—Los antiguos docimasistas se aprovechaban de la propiedad que tienen los súlfuros alcalinos, de disolver el súlfuro de oro, para hacer ensayes de piritas auríferas; pero los métodos fundados en esta propiedad, son ménos exactos y ménos cómodos que los que se han indicado en los modos de ensayar las materias arjentíferas. Schlutter aconseja de mezclar la pirita aurífera con 3 p. de potasa perlasa, de hacer caer la mezcla por pequeñas porciones en un crisol enrojecido por el fuego, y de fundir todo despues rápidamente. Despues de esto, él hace moler la materia fundida, la hace desleir en el agua, y filtra. El oro, segun la operacion de Schlutter

se halla en este caso completamente disuelto; y para separarlo del licor, no hace mas que *saturar* la disolucion con vinagre. Entónces el oro se precipita, mezclado con una gran cantidad de azufre; y del residuo se obtiene oro puro, sea calcinandolo sin agregar cosa alguna, sea agregando un poco de plomo, para que todo se una en un glóbulo, que se ha de someter despues á la copelacion ordinaria.

Sage aconseja de hacer hervir las piritas auríferas con 12 v. su peso de ácido nítrico, de someter despues el residuo que no se disuelve, á la escorificacion ordinaria, descrita en el capítulo anterior, y de copelar despues el plomo. *Acido nítrico.*

Boussingault asegura que se pueden ensayar las piritas auríferas con mucha exactitud, calcinandolas completamente, lo que las hace transformarse en un polvo de peróxido de hierro muy liviano; y sometiendo despues este polvo á un lavado prolijo. Se aconseja sobre todo de adoptar este método, cuando se trata de reconocer si una pirita contiene oro ó no; y para esto basta tomar 40 á 50 granos de mineral, y se lava el óxido que proviene de la calcinacion, en un tubo de vidrio de 5 á 6 pulgadas de largo y como de $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro: en pocos minutos el oro se une en el fondo del tubo, y se percibe distintamente, aunque no haya mas que alguna partícula de este metal. En todo caso, el oro que se halla diseminado en estado metálico en medio de la pirita, ha de quedar, por este método, enteramente separado de sus criaderos. *Calcinacion. Lavado.*

En los ensayes por la via seca, dos métodos se nos presentan con preferencia á los demas. El primero consiste en calcinar la pirita del modo mas completo posible, templando al principio de la operacion el calor, aumentando despues el fuego hasta el calor albo, para descomponer enteramente los sulfatos, y fundiendo el residuo con la misma mezcla que se emplea para los *metales de color*, es decir, con litargirio, borax, potasa ó sosa y carbon. El segundo método es análogo al que se ha descrito (paj. 200) para los minerales de plata. Se funde 1 gr. de mineral con 50 de litargirio, teniendo cuidado que no caiga en el crisol algun pedacito de carbon durante la operacion: se obtiene una cierta cantidad de plomo; y se saca de esto, por cálculo, cuanto plomo darian 50 granos de mineral. Se dejan entónces para la copelacion unos 20 gramos de plomo; y lo restante partido por 4, indica la cantidad de salitre que se ha de agregar *Via seca.*

á 50 granos de mineral, para que todo el azufre del mineral se acidifique sin dar lugar á la formacion del súlfuro alcalino. Ejemplo: —supóngase que 1 gr. de mineral, fundido con 50 granos de litargirio, produzca en un ensaye preliminar 4 gr, 53 de plomo: 50 gr. del mismo mineral darian 50 veces 4 gr. 53 = 226 gr., 5. Dejando entónces 26 gr. de plomo para la copelacion, y observando que 200 gr. de plomo necesitan 50 de salitre para oxidarse, se hará una mezcla de 50 gr. de mineral con 50 gr. de litargirio, 50 gr. de salitre y 50 de borax, sin agregar *reductivo* alguno.

Oro aleado ó mezclado con hierro, estaño, zinc, bronce ó laton.— Estas aleaciones ó mezclas provienen comunmente de los antiguos muebles ú objetos de lujo dorados, y que ya no tienen uso. Se ensayan estas materias fundiendolas con litargirio ó con salitre, y agregando plomo, luego que esten fundidas; ó bien sometiendolas á la escorificacion con 16 p. de plomo y cierta cantidad de borax. Cuando se emplea este último método, es preciso prolongar la operacion hasta que no quede en el plomo, ni zinc ni estaño; porque estos metales harian despues ahogar la copelacion; ó bien el zinc al volatilizarse pudiera causar proyecciones.

Litargirio. Salitre.

Súlfuro de antimonio.

Se puede tambien separar el oro del zinc, del estaño &c., por medio del súlfuro de antimonio. Se funde para esto el oro en un crisol; y luego que esté fundido, se echa por encima súlfuro de antimonio en la proporcion de 2 á 4 p. segun la cantidad mas ó ménos considerable de los metales estraños que se suponen en el oro. Se hace calentar lenta y gradualmente, teniendo cuidado de no dejar caer carbon en la materia fundida, porque en este caso podria suceder efervescencia muy viva, y la materia subiria encima de los bordes del crisol. En esta operacion todos los metales, aun la plata, pasan al estado de súlfuro, miéntras el antimonio recien separado del azufre, se une con el oro. Se vierte todo en un molde cónico de hierro, se separan los súlfuros del antimoniuro de oro, y se vuelve á fundir este último con una nueva dosis de súlfuro de antimonio. Se repite esta operacion, hasta que se crea que ya no queda ningun metal estraño con el oro, ménos el antimonio. Cuando la proporcion de los metales estraños es considerable, se ha de agregar en la primera operacion, á mas del súlfuro de antimonio, azufre.

Oro y antimonio.—Para separar despues el oro del antimonio, se

emplean dos métodos. El primero consiste en calentar la aleacion con 3 p. de salitre en un crisol, el cual se cubre con otro crisol, puesto boca abajo, y en cuyo asiento se hace un agujero que se puede tapar á voluntad con un tapon de greda. Se hace calentar gradualmente, principiando por la parte superior; y se da al fin un golpe de fuego mas activo. Miéntras queda algo de salitre no descompuesto, un carbon encendido que se arrima al agujero, arde con una luz viva; y cuando este fenómeno cese de producirse, se puede aumentar el fuego, sin temer que haya proyecciones. *Salitre.*

El segundo método consiste en calcinar esta aleacion con el contacto del aire. Se funde para esto la materia en un crisol; y cuando ya tiene calor suficiente, se dirije sobre el baño el viento de un fuelle por una tobera encorvada, con el objeto de oxidar y volatilizar el antimonio. Se principia primero por soplar lentamente, y despues se aumenta mas y mas el viento, y se sigue soplando miéntras se produce humo. Cuando el oro se acerca al término de su purificacion, se cubre de una película, como si se solidificase; y entónces es menester aumentar el fuego, y tapar el crisol; pero, luego despues se destapa, y se vuelve á soplar, hasta que al fin se da un golpe de fuego muy vivo, para volatilizar las últimas partículas de antimonio.—Muchas veces, para conseguir el oro mas fino posible, se vuelve á fundirlo con $\frac{1}{4}$ de su peso de salitre; y entónces, si el metal es perfectamente puro, su superficie se vuelve lustrosa y absolutamente sin nube. *Calcinacion.* *Purificacion.*

Estos métodos sirven mas bien para purificar las materias de oro en grande, que para ensayarlas. En efecto, si se tratase de ensayar un antimoniuro de oro, lo mejor seria fundirlo con litargirio ó con salitre, ó bien someterlo á la escorificacion y copelar; ó bien copelarlo directamente con adicion de plomo, ó sin plomo.

La galena pura ó mezclada con azufre pudiera tambien, del mismo modo que el súlfuro de antimonio, separar todos los metales aleados con oro; este último quedaria en este caso, solo aleado con plomo, del cual se separaria por la copelacion; pero, obteniendo de este modo el oro, retendria todavia plata, y de ningun modo seria tan puro como el oro que se purifica mediante el súlfuro de antimonio. *Galena.*

Amalgamacion.—Todo lo que se ha dicho con respecto á la amalgamacion de la plata, se aplica á los minerales de oro. Este método se emplea con ventaja en grande, para recojer el oro nativo dise-

minado en una cantidad muy grande de materias térreas ú otras, sobre las cuales el mercurio no ejerce ninguna accion. De este modo se benefician los metales de color de oro en Chile y en otras partes de América, como tambien toda clase de metales en Rusia y en las minas de Mancugnaga y Vinzone en el Piamonte.

§ 3.º MATERIAS QUE PUEDEN INMEDIATAMENTE PASAR A LA COPELACION.

Estas materias son :

1.º Todos los minerales análogos á los de plata que pueden copelarse inmediatamente ;

2.º Las aleaciones de plomo, de antimonio, de mercurio y de cobre.

Nada hay que agregar respecto de los minerales, á lo que se ha dicho, tratando de la copelacion de los minerales de plata ; y pocas observaciones quedan que hacer con respecto á las aleaciones.

Oro y plomo.—La copelacion se hace del mismo modo que la de las aleaciones de plata y de plomo ; es todavia mas fácil, y no necesita tantas precauciones ; porque el oro no es volátil, no atraviesa las copelas, no produce *vejetacion* ; y por lo tanto, la copelacion se debe efectuar á una temperatura mas elevada que la que conviene á la copelacion de la plata : sobre todo, es preciso elevar mucho la temperatura al momento del *relámpago*, para que el oro sea perfectamente puro.

Oro y cobre.—La copelacion de las aleaciones de oro con cobre necesita mucho mas plomo que la de las aleaciones de plata con cobre ; porque el cobre tiene mas afinidad con el oro que con la plata. Se admite que, para la misma ley y en las mismas circunstancias, se ha de emplear dos veces tanto plomo para copelar el oro, como para copelar la plata : así, se necesitan á lo ménos 14 p. para ensayar en los hornos ordinarios el oro de la moneda, que tiene 0,100 de cobre. Por otra parte, no hay inconveniente en emplear un poco mas plomo, porque esto no influye en la pérdida del oro. Sin embargo, por grande que sea la proporcion de plomo que se emplee en la copelacion del oro cobrizo, nunca el boton que se obtiene, es completamente puro ; y siempre retiene un poco de cobre, aun cuando se lo vuelva á copelar : es lo que se llama *recargo* (surcharge). Esta pequeña cantidad de cobre se puede despreciar en los ensayes de los minerales; pero es necesario determinarla en el ensaye de las aleaciones. Para esto, se ha reconocido

que, por la presencia de la plata, se consigue mas facilmente separar el cobre del oro; y como, por otra parte, rara vez sucede que una aleacion de oro y cobre no contenga al mismo tiempo un poco de plata, y como este último metal no se puede separar del otro sino por la via húmeda, por esto las aleaciones de oro y cobre se consideran como materias, que no se pueden ensayar con exactitud sino por la via húmeda; y de ellas se hablará en el artículo siguiente.

§ 3.º MATERIAS QUE NO SE PUEDEN ENSAYAR CON EXACTITUD SINO POR LA VIA HUMEDA (*).

(A) *Aleaciones de oro, cobre y plata.*

No se puede separar el oro de la plata, y de muchos otros metales que no pasan á la copelacion, sino por medio del ácido nítrico puro, el cual no ejerce accion alguna sobre el oro, y disuelve los demas metales. Pero, la práctica demuestra que, para que toda la plata se separe bien del oro, es necesario que la aleacion tenga 3 p. de plata por 1 p. de oro; porque, cuando hay mas oro, resulta que, las partículas de plata estando como cubiertas por las de oro, el ácido nítrico deja sin disolverse las últimas milésimas de oro: la práctica demuestra tambien que no debe haber mas plata que la que indica la proposicion citada; porque, cuando la aleacion contiene mas de 3 p. de plata por 1 p. de oro, las partículas de oro se hallan tan divididas, que por la accion del ácido se rompen, se reducen á polvo muy fino, son muy difíciles de juntarse, y se pierden en las manipulaciones.

Incuartacion.

La condicion principal, por consiguiente, es que la aleacion que se quiere ensayar, tenga 3 p. de plata por 1 de oro; y si no las tiene, es menester agregar tanta plata cuanta se necesite para que los dos metales se hallen aleados en la citada proporcion. Esta operacion de agregar plata, se llama *incuartacion;* y se entiende desde luego que es de la mayor importancia que la plata empleada para esto, sea perfectamente pura: sobre todo, no debe contener oro; y si tiene un poco de cobre, la proporcion de este último metal no debe ser considerable, porque de otro modo la plata que se añade, no alcanzaria á formar las ¾ partes de la aleacion, y seria necesario agregar mayor cantidad de este metal.

(*) Todo este párrafo es traducido de la obra de Chaudet: *L'Art de l'Essayeur.*

Aproximacion de la ley.

Se ve pues por lo que se acaba de decir, que, ántes de todo, es menester *aproximar* ó determinar aproximativamente la ley del oro que se quiere ensayar, porque de esto pende la cantidad de plomo y de plata que se añade al ensaye.

La práctica ha hecho ver que las aleaciones de oro con cobre contienen tanto mas oro, cuanto mayor es el peso específico de ellas, y cuanto mas amarillas son: —se advierte que el color algo verdoso que tienen algunas aleaciones, se debe á la presencia de una cantidad notable de plata. Se conoce tambien que una aleacion tiene mucho oro, cuando se lima con facilidad, cuando resiste á la accion del ácido nítrico, y cuando la accion del fuego no produce en su superficie ninguna variacion notable. Pero, el mejor modo de determinar aproximativamente la ley del oro, es ensayar la aleacion en la *piedra de toque*.

Ensayes en la piedra de toque.—La piedra de toque para el oro es la misma que sirve para los ensayes de plata ; pero, las *puntas ó barritas de comparacion* (touchau) son de diversas ligas, y pueden variar segun la naturaleza de los objetos que se quiere ensayar. Las mas completas constan de tres *estrellas*, de cinco barritas cada una, y en las extremidades de estas se hallan *lentes* de diversas leyes y de diversas aleaciones. Así, las lentes de la primera estrella se componen de aleaciones de oro con plata ; las de la segunda, de aleaciones de oro con cobre ; y las de la tercera, de diversas aleaciones de oro, cobre y plata. Estas últimas son las que se emplean mas á menudo, se llaman *mixtas*, y contienen siempre plata y cobre en iguales proporciones ; y solo la de oro varía. Las barritas de las estrellas son de plata; y en ellas, cerca de cada lente, se halla escrita su ley por un lado en milésimas, y por el otro en quilates. Estas leyes son : 583 (14 q.); 625 (15 q.); 667 (16 q.); 708 (17 q.) y 750 (18 q.) : esta última es la ley autorizada por los reglamentos en Francia, para toda clase de alhajas, porque rara vez se hacen alhajas de una ley mas subida.

El primer cuidado que se ha de poner en un ensaye de oro por la operacion del toque, es determinar á que especie de aleacion pertenece el objeto que se quiere ensayar, porque entónces se tomará por punto de comparacion la *estrella* que le corresponde. Se *tocará* despues consecutivamente con las alhajas que se someten al ensaye, la *piedra de toque*, observando el órden que se ha indicado en los en-

sayes de plata, y tratando de cubrir bien la piedra con cada rayita. Se mojarán en seguida estas rayitas con agua fuerte, que se prepara á proposito para el toque, como se va á indicar mas adelante, sumerjiendo en este líquido la extremidad de un tubo de vidrio lleno (es decir que no tiene hueco), y dejando caer las gotas en las partes de la piedra *tocadas*. Si la accion del ácido ha sido nula, y la raya no cambia de color, es prueba que el oro tiene 750 de ley ó 18 quilates; si al contrario la raya parece cambiar de aspecto, se debe entónces hacer con la misma alhaja otra raya, y hacer al lado de esta, otras de diversas barritas de la *estrella*, que corresponde á la naturaleza de dicha alhaja, principiando siempre por las aleaciones de ley mas subida, y pasando á las de leyes inferiores, y sometiendolas todas á la accion del agua fuerte, como se ha dicho ántes. Se observa entónces cual de las rayas de la *estrella* se parece mas por su color á la de la alhaja que se ensaya, y por esta similitud se juzga aproximativamente de que ley es esta última.

Observaciones—*Sobre los ensayes hechos mediante la piedra de toque.*—1.° Habiendo demostrado la experiencia que este jénero de ensayes no podia dar mas que pruebas inciertas y equivocas de la calidad del oro superior á la calidad de 750 milésimas de fino (18 quilates), han dispuesto las leyes en Francia y en otras naciones que todas las obras que no pueden ensayarse sino con la piedra de toque, vayan marcadas con el punzon de la tercera ley ó calidad, que es el que expresa las 750 milésimas de fino (18 quilates).

2.° La operacion del toque es la que exije mas práctica de comparacion, para distinguir la ley, y mas órden en conservar la razon que debe existir entre los toques y los objetos tocados. En efecto, si el ensayador no conservase con el mayor cuidado el mismo arreglo entre las piezas tocadas que el que existe entre los toques que ha hecho en su piedra, se espondria á romper piezas buenas, y á admitir otras malas, cuyo inconveniente seria de la mayor importancia. *Precauciones.*

3.° Habiendo reconocido Vauquelin que el ácido nítrico puro, cualquiera que sea su grado, no tiene accion alguna sobre un oro de 15 á 16 quilates á la temperatura ordinaria, trato de aumentar la enerjia de este acido, agregandole cierta proporcion de ácido muriatico. Algunas personas habian ya reparado que con un poco de muriato de sosa ó sal marina se daba mayor actividad al agua fuerte, pudiendo entónces descubrirse la presencia del cobre en el oro de quilates superiores á aquellos en que el agua fuerte pura (ácido nítrico puro) nada indicaba de *Preparacion del agua-fuerte para el toque.*

un modo perceptible. Mas como el *agua fuerte* del comercio jamás es perfectamente idéntica ni por su concentracion ni por su pureza, y por otra parte los ensayadores no le echaban la misma cantidad de sal, resultaba muchas veces un agua fuerte demasiado enérjica ó demasiado floja. Vauquelin, despues de haber reconocido que, miéntras mas elevada es la ley del oro, mas ácido muriático debe tener el agua-fuerte, se dedicó á hacer varios ensayes, de los cuales resultó que la mejor proporcion de ácido muriatico que debe mezclarse con el agua-fuerte para un oro de ménos de 18 quilates, es la siguiente : 98 partes de agua-fuerte pura (ácido nitrico) cuya gravedad especifica es de 13,40 (37° areómetro de Baumé), 2 partes de ácido muriático de peso de 11,73 (21°, areómetro de Baumé), y 25 partes de agua, todo exactamente mezclado y conservado en una botella de vidrio bien tapada.

Purificacion del agua-fuerte.

Para purificar el agua-fuerte para el toque, es necesario disolver en en ella 3 á 4 gramos de plata por kilogramo, (un adarme de plata por cada libra, poco mas ó ménos), separar el liquido del poso que se forma en esta operacion, y destilarlo en seguida hasta la última gota.

4.° Aunque el agua-fuerte que se emplea para el toque, no ha de atacar sensiblemente á un oro de 750 milésimas (18 quilates), sin embargo, cuando hay algunas dudas sobre la ley de una pieza, conviene compararla con la punta ó barrita aquilatada cuya ley es bien conocida ; y por mas práctica que tenga el ensayador en este jénero de trabajos, jamás debe romper alhaja alguna sin háber consultado sus piezas de comparacion.

5.° Una precaucion que nunca debe omitirse, es la de morder, cuanto sea posible, hácia el fondo de la materia del objeto que se toca, porque muchas veces, despues que se le ha dado calor, es mas fina la superficie que el interior ; y aun conviene hacer dos toques sobre el mismo punto, á fin de comparar el efecto que hiciere el agua-fuerte en cada uno de ellos. Otro cuidado no ménos importante es el de tocar en todas las partes de que se compone una joya, sin comprender la soldadura, cuando solo se trata del cuerpo del objeto, pues bastaria que se encontrasen allí algunos átomos de la misma, para que el toque fuese malo del todo, y se tuviese que romper la obra.

Influjo de la temperatura en la accion del agua-fuerte.

6.° El agua-fuerte pura (ácido nítrico puro) no debe atacar sensiblemente el oro de 750 (18 quilates); sin embargo, esta inaccion está sujeta al tiempo y á la temperatura ; porque 1.° habiendo demostrado la experiencia que el estado termométrico del aire en sus estremos influye de un modo sensible en el agua-fuerte y en la piedra de toque, aumentando en un caso la accion de aquella mas de lo necesario, y anulandola enteramente en el otro, conviene muchas veces, ántes de principiar el trabajo, hacer prueba del agua-fuerte en las agujas ó pruebas de comparacion. Si el calor ha dado demasiada actividad al agua-fuerte, será ne-

cesario echarle un poco de agua: y al contrario, si el frio ha disminuido sobradamente, ó anonadado su accion, se restablecerá su temperatura, como igualmente la de la piedra, poniendolas por algun tiempo en un paraje caliente ó sobre una estufa, hasta que estén á 10 ó 12 grados de Reaumur. 2.° Si se dejan en contacto estos cuerpos durante algunos minutos, el oro llegará á empañarse; pero, comparando estos efectos del agua fuerte con los que produciria la misma en el oro de 708 ó sea 17 quilates, y mejor aun en él de 16, se observará una diferencia muy notable. Entonces el toque toma casi repentinamente un color obscuro, que poco á poco se va volviendo verdoso, y casi no deja señal alguna de metal en la piedra despues de enjuta.

7.° Para *tocar* cualquier objeto, se lo frota lijeramente en la piedra, hasta formar una capa cargada de dos á tres milímetros (una línea ó línea y media) de ancho y cuatro (dos líneas) de largo; se moja despues, como se ha dicho, esta capa con agua-fuerte que se estiende con cuidado é igualdad sobre la señal del oro, y se observa lo que sucede por espacio de siete á ocho segundos, cuyo tiempo basta para que el agua-fuerte produzca su efecto, y pueda el ensayador conocer la ley del objeto. Si el toque conserva su color amarillo y brillo metálico, es prueba que el objeto tiene los quilates que la ley manda, ó que se suponen en la aleacion; pero si al contrario la señal toma un color rojo obscuro de cobre quemado, y si, enjugandose la piedra, disminuye la materia, puede estarse cierto de que el objeto es de una ley inferior.

8.° Cuando la piedra este cubierta de *toques*, el ensayador los borrará con polvo de piedra pómez y aceite, frotandola con un cuero pegado á un trozo de madera.

Todos estos ensayes mediante *la piedra de toque* necesitan mucha práctica; y aun con la mayor destreza del ensayador, no se puede aproximar la ley á mas de 15 milésimas de la verdadera.

Aproximada de este modo la ley, se multiplica la cantidad de *fino* (de oro) por tres, y el producto indicará cuanta plata fina se ha de agregar para la *incuartacion.* En cuanto á la cantidad de plomo que se debe agregar para que la refinacion de la pasta mediante la copelacion sea completa, se ha de consultar la tabla siguiente que el Sr. D'Arcet ha hecho para el laboratorio de los ensayes de las monedas en Paris.

TABLA

de las cantidades de plomo necesarias para los ensayes de oro.

LEYES DEL ORO	Cantidades de cobre alcadas con el oro, segun las leyes que les corresponden.	Cantidades de plomo necesarias para la refinacion completa del oro.	Proporcion en que se halla en el baño la cantidad de plomo con la de cobre.
oro de 1000	0	½ gr.	0
900	100	10 p. ó 5	100.000 á 1
800	200	16 ó 8	80.000 á 1
700	300	22 ó 11	73.333 á 1
600	400	24 ó 12	60.000 á 1
500	500	26 ó 13	52.600 á 1
400	600	34 ó 17	56.666 á 1
300	700	34 ó 17	48.571 á 1
200	800	34 ó 17	42.500 á 1
100	900	34 ó 17	37.777 á 1

Se dice en esta tabla 10 partes ó 5 gramos, lo que quiere decir que, para el ensaye del oro de una ley, por ejemplo, de 900 milésimas, no se debe emplear mas que 5 gramos de plomo, porque este ensaye, como en jeneral todo ensaye de oro, se hace siempre sobre un medio-gramo de materia y nunca sobre 1 gramo : por cuyo motivo estos ensayes necesitando mucho mas plomo que los de plata de igual ley, y á mas de esto, habiendo necesidad de agregar una cantidad mas ó ménos considerable de plata, seria preciso emplear copelas mas grandes, el ensaye seria mas largo, se gastaria mucho ácido nítrico, y la operacion seria mas difícil.

Descripcion del procedimiento.—Habiendose *aproximado* la ley de la alcacion que se somete al ensaye, se determina desde luego la cantidad de plomo necesaria para la copelacion, y la cantidad de plata necesaria para la *incuartacion*, del modo siguiente : supóngase que la ley aproximada haya indicado 750 milésimas de oro fino por 1000 partes y 250 milésimas de cobre : se buscará en la tabla anterior que

Incuartacion.

cantidad de plomo corresponde á la ley 750; y en cuanto á la *incuartacion*, se multiplicará 750 mil. por 3; y la mitad de este producto será la cantidad de plata que se ha de agregar, y que en este caso será igual á 3. $\frac{0,750}{2}$ = 1gr,125: porque, como se ha dicho, los ensayes de oro se hacen sobre un medio gramo de aleacion.

Copelacion.

Se procede entónces á la copelacion; y para esto, se introduce primero en la copela el plomo; y luego que este metal esté fundido, se pone en el baño un medio-gramo (10 granos) de aleacion envuelto en un papel con 1 gr. 125 de plata. Se deja la operacion á sí misma, teniendo solo cuidado de mantener el horno en una temperatura un poco mayor que la que conviene á los ensayes de plata. Concluida la copelacion, se deja enfriar el boton; se lo limpia bien despues por debajo con una *brocha*, y se lo achata un poco en el yunque. En seguida, es preciso *recocerlo* un poco, haciendolo calentar lijeramente en la misma mufla, hasta que el metal se vuelva rojo; y esto, para darle la ductilidad que se le ha quitado con el golpe del martillo.

El tirado.

Se hace pasar entónces el boton por el castillejo, tratando de estirar el metal progresivamente en una hoja como de 9 centímetros (3 pul. 10 lin.) de largo, y de 12 á 13 milímetros (6 lin.) de ancho: estas dimensiones varian segun la ley, y deben ser tanto mas grandes, cuanto mas fino es el oro del ensaye. Esta lámina se vuelve á *recocer* en la mufla, con mucha precaucion, teniendo cuidado de que no se funda; y se arrolla en forma de *caracol ó espiral*.

El recocido.

Es bueno *recocerla* otra vez un poco, para quemar la materia crasa que se ha podido pegar á ella, de los dedos; y luego se introduce el caracol en un matraz de largo cuello, que se llena como hasta la mitad de su *panza* con ácido nítrico de 20 á 22° del areómetro de Baumé. Se coloca este matraz sobre carbon encendido cubierto de una lijera capa de ceniza, á fin de evitar que se quiebre el vaso por un calor demasiado violento.

Refinacion húmeda.

Primer ácido.

Desde que el líquido entra en ebullicion hasta concluir la operacion, se necesitan 20 minutos. Esta operacion se llama refinacion húmeda (départ): miéntras se ejecuta, se exhala un vapor rojo, efecto de la disolucion de la plata con el ácido nítrico ó agua-fuerte. La hoja arrollada se pone de color obscuro, y pierde de su solidez y consistencia, en razon de los espacios que dejan las partes disueltas de plata. Luego que la plata ha hervido con el oro veinte minutos, se decanta con cuidado la disolucion, procurando no caiga el rollo; y se echa en el

Segundo ácido. matraz nueva cantidad de ácido nítrico, pero de 32°, como la mitad de lo que se ha empleado en la primera operacion. Se hace hervir el ácido segunda vez de ocho á diez minutos, para extraer las últimas porciones de plata que pudieran quedar en el oro; y se advierte que la ebullicion de este segundo ácido no se hace tan sosegadamente como la del primero; porque en la primera operacion, como hay gran cantidad de plata, los gases, que se desarrollan durante su disolucion, determinan la ebullicion del licor mismo; miéntras en la segunda, no habiendo quedado mas que algunas milésimas de plata, la ebullicion se forma, y se mantiene solo por el calor, se forman de repente y por intervalos grandes burbujas de vapor de ácido á la vez, y estas se desarrollan con tanta fuerza, que á veces sale del matraz una porcion de ácido líquido, rompiendo el caracol, y haciendo saltar algunas partículas de la hoja. Para evitar este inconveniente, se *Precauciones.* debe primero, quitar un poco de ácido, si hay demasiado; y en seguida, cuando se observa que el ensaye, despues de haber emitido algunas burbujas grandes, se para de repente, ó empieza á hervir sacudiendo todo el licor y el matraz, se da vuelta lijeramente al matraz sobre el fuego, de manera que se ponga en contacto con el fuego la parte mas delgada del vidrio. En este caso, sucede muchas veces que la ebullicion vuelve á parecer: porque muchas veces esta dificultad y desarreglo en la ebullicion provienen de la desigualdad del espesor del vidrio. Para remediar este inconveniente, se ha adoptado últimamente en algunos laboratorios un modo muy sencillo, que consiste en introducir en el matraz, despues de haber echado el ácido de 32°, un pedacito de carbon de leña del tamaño de la cabeza de un grueso alfiler.

Despues que ha hervido por 8 ó 10 minutos este segundo ácido, se decanta como el otro; y se llena el matraz de agua destilada. Póne se entónces la boca del matraz en un pequeño crisol de recocer, *El lavado.* se inclina lentamente el cuello, dejando caer el agua; y cuando se ve que llenandose el crisol hasta la mitad, empieza á taparse la boca del matraz, se vuelve éste de arriba abajo con precaucion; y de este modo cae el rollo en el crisol en la misma agua, que soportando una parte de su peso, impide que se rompa. Luego se levanta un poco el matraz, se le da vuelta con celeridad y destreza, de modo que el agua no tenga tiempo de caer en cantidad capaz de llenar el

crisol, y salir por encima. Se vierte el agua del crisol, teniendo cuidado de no dejar escapar el rollito ó algunas partículas, que podrian haberse separado; y se hace recocer el oro en el crisol tapado, sobre ascuas, ó en la mufla del hornillo de copela. El oro que al salir del agua-fuerte, tenia un color obscuro, y estaba quebradizo, disminuye de volumen, se vuelve dúctil, y recobra su color y brillo metálico con esta operacion. Lo único que queda que hacer entónces para concluir el ensaye, es pesar el rollo para determinar la ley de la materia ensayada, por la diminucion que ha tenido. *El recocido.*

Tal es el procedimiento que se debe poner en práctica para determinar la ley del oro aleado; pero el ensaye del oro fino exije que se hagan algunas modificaciones, sin las cuales, cuando el oro es verdaderamente de 1000 milésimas, se obtiene casi siempre un *recargo* de 1 á 2 milésimas. En este caso, es necesario laminar el ensaye un poco ménos que en los ensayes ordinarios, es decir, dar á la hoja cuando mas 8 centímetros (3 pul. 5 lin.) de largo; se hace despues hervir el caracol con el ácido nítrico de 22°, solo por unos 4 ó 5 minutos, hasta que salga del matraz el vapor nitroso; y en seguida, se hace hervir el mismo caracol sucesivamente, y por diez minutos cada vez con dos nuevas cantidades de ácido nítrico de 32°. *Ensaye del oro fino.*

Observaciones.—1.ª Si en la primera operacion no se ha agregado bastante plata para que forme las $\frac{3}{4}$ p. del peso de la aleacion copelada; si despues no se ha estirado bastante la hoja; si el segundo ácido no ha hervido convenientemente, ó bien si los ácidos que se emplean, son de un grado inferior al que se ha indicado; en tal caso, queda un poco de plata en el oro, y se obtiene una ley demasiado subida. Para saber si en realidad hay algun vestijio de plata en el *caracol*, se lo disuelve en el agua rejia; se agrega despues agua, y se deja la disolucion por algun tiempo en reposo: si entonces se forma, y se asienta en el fondo de la botella una sustancia blanca, insoluble, de cloruro de plata, es necesario volver á hacer el ensaye. *Modo de reconocer la plata en el caracol.*

2.ª Al arrollar el caracol, no se debe apretar demasiado la hoja, á fin de que las circunvoluciones de la espiral dejen pasar entre sí la luz; porque de otro modo haciendolo hervir con el segundo ácido, se romperia, y daria un lijero recargo de un cuarto de miligramo. *Precauciones.*

3.ª Cuando se hace el ensaye de un oro casi fino ó bien del oro que no contiene cobre, el boton de la copelacion se vuelve tan quebradizo, que no puede laminarse: en tal caso, Chaudet aconseja de volver a pasar este boton á la copelacion con 1 gr. de *Oro quebradizo.*

plomo, que contenga $2\frac{1}{2}$ por ciento de cobre, y cuya aleacion se hace derritiendo el plomo, introduciendo en el baño cobre en partículas menudas, y echando la masa fundida en un molde; ó bien se puede obtener un boton maleable, haciendo pasar en el ensaye 25 miligramos de cobre con 1 gr. de plomo.

4.ª El ácido nítrico que se emplea en los ensayes de oro, debe ser destilado, perfectamente puro, sin algun indicio de ácido muriático ó de ácido sulfúrico; porque en el primer caso, se disolveria un poco de oro; y en el segundo, habria un pequeño *recargo*, que seria tanto mayor, cuanto mas ácido sulfúrico hubiese.

(B) *Ensaye de oro platoso.*

Estas aleaciones se componen de oro, plata y cobre, pero la plata, en lugar de formar las $\frac{4}{5}$ p. de la masa, como sucede en los ensayes de *dorado* ó de *plata aurífera*, rara vez constituye mas de $\frac{1}{10}$ p. de la aleacion.

Se principia por determinar la ley de la aleacion solo con respecto al cobre que contiene; y se pasa á la copelacion un medio gramo de esta aleacion con una cantidad de plomo un poco menor que la que se necesitaria, si la aleacion no contuviese otra cosa mas que oro y cobre.

Descripcion del procedimiento.—Supongamos que la aleacion que se quiere someter al ensaye, anuncie 900 milésimas de oro unido con plata y solo 100 mil. de cobre: á esta ley, en la citada tabla, corresponden 10 p. de plomo; y por consiguiente, como el ensaye se hace sobre un medio gramo de aleacion, se necesita tomar 5 gramos de plomo. En tal caso, Chaudet aconseja de tomar solo 4 gr. ó cuando mas $4\frac{1}{2}$ de este metal, segun la proporcion mas ó ménos considerable de plata que se supone en el oro, y de verificar la copelacion á una temperatura un poco mas elevada que la que conviene á los ensayes de plata, tratando siempre de concluir la operacion casi en la puerta de la mufla. Se toma entónces el boton, se limpia bien, se pesa; y si la proporcion de plomo ha sido conveniente, el peso del boton ha de ser de 450 miligramos. Concluida esta primera operacion, se toma otro medio gramo de aleacion, que se ha de copelar con la misma cantidad de plomo que se ha empleado en la operacion anterior, pero agregando la cantidad de plata que se necesita para la incuartacion. Es claro que, si la aleacion no contuviese mas que oro y cobre, seria preciso agregar 2700 milésimas de plata, para *incuartar* un oro de 900 milésimas; mas, como se supone que hay en la

Primera copelacion.

Segunda copelacion

aleacion 10 por ciento ó 100 milésimas de plata, es menester rebajar la ley de oro de 100 milésimas ; y entónces quedará una ley de oro de 800 mil. ; y la proporcion de plata necesaria para *incuartar* esta proporcion de oro, será de 2400 mil. Rebajando de esto 100 mil. de plata, que se suponen existir en la aleacion, se reduce la proporcion de plata á 2300 mil. ; y lo que corresponde á un medio gramo de aleacion, será solo 1150 mil. Se va á copelar, por consiguiente, 1 medio gramo de aleacion con 1 gr. 150 de plata y la misma cantidad de plomo que ántes : se saca el boton, se lo recuece, y se lo estira en una hoja de 7 á 8 centímetros de largo, y se lo vuelve á recocer otra vez : arrollada despues la hoja en forma de una espiral, se hace hervir sucesivamente primero con el ácido nítrico de 22° por veinte minutos, y en seguida con él de 32° por 10 minutos : se lava, se recuece, y se pesa como en el caso anterior. Si entónces el caracol ó el oro puro 0gr.4, lo que corresponde á 400 mil., la ley de la aleacion ha de ser 800 mil. en oro ; y la ley en plata, será 100 mil. , atendiendo á que la ley del primer boton, unido el oro con la plata, era de 900 milésimas. *Refinacion húmeda.*

Observaciones.—1.ª Se ha observado que, si se copela la aleacion con plomo, ántes de agregar la plata de la incuartacion, se pierde 1, 2 y aun 3 milésimas de oro : de modo que es de toda necesidad agregar desde luego la plata de la incuartacion, y restarla despues del peso del boton.

2.ª Chaudet aconseja de hacer esta clase de ensayes en dos copelaciones distintas (una de las cuales tiene por objeto el determinar la cantidad del oro unido á la plata ; y la otra, la del oro solo) para evitar la necesidad de emplear la plata perfectamente fina de 1000 milesimas, y las pérdidas de este metal, que comunmente son mas considerables miéntras mas plata hay en el baño.

3.ª Se entiende que en estos ensayes, del mismo modo que en los anteriores, importa mucho el no excederse en la proporcion de la plata necesaria para la incuartacion exacta de la aleacion ; y á mas de esto, se ha de moderar la temperatura a la cual se copela, para no perder la plata.

(C) *Ensaye de las barras de dorado ó de plata aurífera.*

Se llaman *ensayes de plata aurífera* los de las aleaciones en que la plata predomina de tal modo, que el oro forma cuando mas la quinta parte de su peso, y las mas veces se halla en una proporcion muy pequeña ; porque se ensayan muy á menudo barras de plata, que no

tienen mas que una media milésima de oro, y se someten á la *refinacion* en grande, es decir, á la operacion del *apartado*, para separar y extraer este oro de la plata ; y la práctica ha demostrado que esta pequeña porcion de oro es capaz de pagar los gastos del beneficio.

El método que se observa en el ensaye de estas alcaciones, es tambien fundado en la propiedad que tiene el ácido nítrico, de disolver la plata sin atacar el oro : se ve aun que la separacion se verificaria inmediatamente por medio de este ácido, si no hubiese en las alcaciones otra cosa mas que oro y plata Pero, habiendo casi siempre con estos metales una cierta cantidad de cobre, es indispensable someter ántes las aleaciones á la copelacion, á fin de quitarles el cobre mediante el plomo.

Las barras de *plata aurífera* son siempre blancas, excepto cuando son de una ley muy baja, y contienen mucho cobre ; porque entónces tienen un color rojizo. Por esta razon, es necesario empezar por lo que se llama *aproximacion* de la ley ; y se copela 1 decígramo (2 granos) de pasta con un gramo de plomo ; de esto se saca cuanto plomo se ha de agregar al ensaye, teniendo presente que por igual ley, es necesario emplear un poco mas plomo para los ensayes de plata aurífera que para los de plata sin oro, porque la misma cantidad de cobre aleada con oro, necesita mas plomo para oxidarse y absorberse por la copela, que cuando se halla aleada con plata.

Descripcion del procedimiento.—Supongamos que la aleacion haya indicado en un ensaye aproximativo, una ley de 800 milésimas : la proporcion de plomo que corresponde en la tabla á esta ley para los ensayes de plata, siendo de 10 p., y los de plata aurífera exijiendo, como se acaba de decir, un poco mas plomo, tomaremos 11 á 12 p. de este metal, segun la cantidad de oro que se supone en la barra. Los ensayes de esta clase se pueden hacer sobre un gramo, ó bien sobre un medio gramo : en el primer caso, se pesará 1 gr. de plata aurífera y 11 á 12 gr. de plomo ; en el segundo, 0gr.5 de plata y 6 gr. de plomo.

Verificada la copelacion y enfriado el boton del ensaye, se limpia bien este boton con la brocha, y se pesa ; en seguida se achata un poco sobre el yunque con el martillo, y se introduce en un matraz ordinario, el cual se llena hasta la cuarta parte de su panza con el ácido nítrico de 22° : en el caso en que la alcacion fuese muy

rica en oro, seria preciso hacerla pasar primeramente por el castillejo. Se hace hervir este ácido lijeramente, hasta que no quede otra cosa mas que polvo en el fondo del líquido; se deja reposar entónces por algun tiempo, para que se reunan allí las partes del oro; se decanta luego el líquido claro con mucha precaucion: se reemplaza con una nueva dosis de ácido de 32 grados, y se la hace hervir aun por 8 á 10 minutos. Se vuelve á decantar este otro ácido como la primera vez; se llena el matraz de agua pura, y se vuelca en un pequeño crisol de recocer, tomando las mismas precauciones que en un ensaye de oro ordinario. Luego que hayan caido en el crisol todas las partículas de oro, lo que se logra golpeando suavemente en el matraz, se levanta un poco esta vasija, y se vuelve con mucho cuidado, á fin de no mover demasiado el agua que indudablemente sacaria consigo el oro del crisol.

Se deja igualmente reposar el oro en el fondo del crisol; y aun se menea lijeramente el crisol para facilitar la precipitacion del oro, separandolo de las paredes, cuyas asperezas lo detienen: entónces se decanta el agua poco á poco y se hace recocer el metal, como ya se ha dicho ántes.

Por la cantidad de oro que se obtiene, se puede conocer la de la plata, porque, sabiendo ántes la de ámbos metales, basta sustraerla de la suma total del boton.

(D) *Ensaye del oro que contiene una pequeña cantidad de platina.*

Las aleaciones de oro y platina siempre tienen cobre; y por esto es necesario tambien principiar por la operacion de *aproximar* la ley, como en los ensayes ordinarios de oro. En caso que no se pudiese determinar esta ley aproximativamente por los caracteres exteriores y propiedades físicas del oro seria preciso hacer un ensaye preliminar sobre un decígramo (2 granos) de pasta, observando el mismo método que se prescribe para los ensayes definitivos.

Descripcion del procedimiento.—Se pesa un medio gramo (10 granos) de la aleacion, que se supone compuesta de 800 milésimas de oro, 100 de platina y 100 de cobre; se copela esto con 8 gramos de plomo, al mayor grado de temperatura que se pueda producir en la mufla, y se apunta el peso del boton, que ha de contener todo el oro y toda la plata del ensaye.

Concluida esta primera operacion, se copela otro medio gramo de

la misma alcacion, siempre á una alta temperatura con 8 gramos de plomo y 1gr.200 de plata que se agrega para la incuartacion del ensaye. El ensaye en este caso presenta siempre los mismos caracteres que cualquiera ensaye ordinario de oro; pero por el aspecto frio del boton, ya se conoce que en él hay platina: la superficie es lustrosa en elgunas partes y empañada en otras. Sacado este boton de la copela, limpiado con una brocha y aplanado, se recuece, y se estira en una hoja de 7 á 8 centímetros (36 á 40 lín.) de largo; se vuelve á recocer, se arrolla en un *caracol*, y se hace hervir con una cantidad suficiente de ácido nítrico de 22° de Baumé. Luego que ha salido el vapor de ácido nitroso, se decanta el licor, el cual por lo comun tiene un color amarillo pálido de paja; y se vuelve á echar una nueva cantidad de ácido nítrico de 32 grados de Baumé. Despues de haberlo hecho hervir por espacio de unos 10 minutos, se decanta el licor, se lava el caracol con agua destilada, y se lo pasa á un crisolito, se recuece y se pesa: su peso es por lo comun algo mayor que el verdadero, por causa de que en el oro se halla retenida una pequeña porcion de platina; y de esto resulta un pequeño recargo, que á veces no pasa de 5 milésimas, y es muy variable. Este caracol se vuelve otra vez á alear con 1gr.200 de plata fina; y repitiendo todas las operaciones como ántes, es decir, la copelacion y la refinacion en los dos ácidos, se obtiene otro *caracol* mas puro, el cual da las mas veces la verdadera ley de la barra, sobre todo, cuando la proporcion de platina no pasa de 100 milésimas. Sin embargo, no se debe considerar esta operacion como concluida, sin volver á repetir las mismas operaciones, hasta que se obtengan dos resultados sucesivos absolutamente iguales.

En el caso en que la cantidad de platina fuese tan pequeña, que ni el boton del ensaye cambiase de aspecto, ni el primer ácido fuese sensiblemente amarillo, entónces seria preciso recojer los dos ácidos, evaporar todo hasta sequedad, y fundir el residuo en un pequeño crisol con vidrio de borax molido. Fundida la mezcla, se deja enfriar el crisol; despues se lo quiebra, y se saca el boton, que es una alcacion de plata con platina, y el cual, haciendolo hervir con ácido sulfúrico concentrado, se disuelve dejando un pequeño residuo de platina en forma de un polvo gris.

Este método inventado por D'Arcet, es muy bueno para indicar las

mas pequeñas cantidades de platina.

(E) *Ensaye del oro aleado con plata y platina.*

Esta clase de aleaciones contiene siempre un poco de cobre; y por esto es tambien indispensable *aproximar* su ley ántes de verificar otras operaciones. Para determinar aproximativamente la ley, es necesario pasar á la copelacion á una temperatura muy elevada un medio gramo de pasta con 2 gramos de plomo; y conocida por el peso del boton que se obtiene, la cantidad de cobre, se busca en la tabla qué cantidad de plomo se necesita para la copelacion; teniendo presente que, por causa de la platina, se ha de emplear mas plomo que el que se toma para los ensayes ordinarios de plata ó de oro de igual ley.

Descripcion del procedimiento.—Se toma un medio gramo de aleacion, y se pasa á la copelacion en el fondo de la mufla, con la cantidad de plomo que corresponde á la ley aproximativa de esta aleacion, agregando 1 á 2 gramos de plomo mas de lo que se emplea para las aleaciones de oro de igual ley. Se pesa el boton, y agregandole una cantidad de plata tal, que este metal se halle en proporcion de 2½ partes por 1 p. de oro unido con la platina, se vuelve á copelar todo con un gramo de plomo. Este segundo boton comunmente mas dócil que el anterior, se aplana, se recuece, se estira convenientemente, se arrolla, y despues se hace hervir dos veces sucesivamente con ácido sulfúrico de 66°, cada vez por 10 minutos. Se lava el caracol primero con ácido sulfúrico y despues con agua destilada; se pasa en seguida á un crisol, se recuece y se pesa, por la diferencia del peso de este caracol y él del primer boton, se sabe la cantidad de plata. Se agrega entónces á este caracol tres veces su peso de plata, se pasa todo á la copelacion mediante un gramo de plomo; y se procede despues como en el caso de un ensaye ordinario de oro, repitiendo esta última operacion varias veces, hasta que se obtenga el mismo resultado dos veces consecutivamente. Estas últimas operaciones son de la misma naturaleza que las que se prescriben para la plata que contiene unas pocas cantidades de oro y de platina, y las que se van á detallar en el artículo siguiente.

De este modo, por ejemplo, se determina la ley de una aleacion compuesta de 700 milésimas de oro, 100 mil. de platina, 100 mil. de plata y 100 mil. de cobre, copelando esta aleacion con 8 gramos de plomo, incuartando despues el boton con 1900 de plata, estirandolo

en una hoja de 5 centímetros, haciendo hervir el caracol dos veces con ácido sulfúrico, cada vez por espacio de 10 minutos, y volviendo á tratar este caracol como un ensaye de oro ordinario.

Como el ácido sulfúrico disuelve siempre en estas operaciones algunas milésimas de platina, resulta de allí que no se puede determinar la proporcion de este metal con toda la exactitud que se desea.

(E) *Ensaye de la plata aleada con oro y platina.*

En los ensayes de estas aleaciones se principia por el metal mas abundante; como es la plata, y se pasa sucesivamente al oro, á la platina y al cobre: á veces se observa un órden inverso en cuanto á los dos últimos metales.

Puede suceder que la platina se halle en estas aleaciones en tan pequeña cantidad, que no se pueda aplicar á los ensayes de esta clase el mismo método que se ha prescrito para los ensayes de *plata aurífera*, porque en este caso seria posible que el ácido nítrico disolviese al mismo tiempo algunas milésimas de platina: puede tambien suceder que, habiendo mucha platina, este metal se halle retenido por el oro, y haga subir demasiado su ley.

No pudiendo prever el caso, se supone que la aleacion se halla ligada con una cantidad de platina superior a la que se puede disolver en el ácido nítrico por el influjo de la plata; y se hacen los ensayes por el método que se va á describir. Pero, ántes de entrar en la materia, conviene indicar algunos caracteres, que sirven para reconocer estas aleaciones, sobre todo, para indagar en ellas la presencia de la platina.

Siendo la aleacion algo gris, dura y de un peso específico considerable, es verosimil que contenga platina, y aun en gran cantidad. Si, pasando á la copelacion un medio gramo de esta aleacion á la temperatura ordinaria de los ensayes de plata, se obtiene un boton gris, negruzco, sin lustre, quebradizo; y si este boton ligado con dos veces su peso de plata, estirado despues en una hoja, y hervido con ácido nítrico de 22°, da á este ácido un color amarillo de paja; y si despues de 15 á 20 minutos de ebullicion, recocido el oro conserva un color gris, ó bien se distinguen mediante una lente puntitos de este color, no queda la menor duda de que en la citada aleacion hay platina.

Sin embargo, en caso que este metal, hallandose en cantidad muy pequeña, no presentara ninguno de estos caracteres, seria preciso disolver con ayuda del calor un poco de aleacion en una cantidad, la mas pequeña posible, de agua réjia : se decanta despues el licor, se reconcentra mediante la evaporacion en una pequeña tazita de porcelana, y se vierte en él una disolucion concentrada de cloruro de amoniaco. En este caso, habiendo platina, se formará un precipitado amarillo anaranjado de cloruro amoniacal de platina ; y como este precipitado tarda á veces por algunas horas en aparecer, es preciso esperar ; y en todo caso es necesario operar sobre disoluciones muy claras y en una copa de vidrio bien transparente.

Descripcion del procedimiento.—Despues de haber reconocido la presencia de la platina en una aleacion, y despues de haber hecho un ensaye aproximativo aunque de un *modo tosco*, se toma un medio gramo de la aleacion, y se copela, á una temperatura elevada, en el fondo de la mufla con 8, 14 ó 30 p. de plomo, segun que la aleacion se aproxime á una de las tres aleaciones siguientes :

	1.ª aleacion.	2.ª aleacion.	3.ª aleacion.
cobre	0,550	0,200	0,100
oro	0,100	0,020	0,005
platina	0,100	0,200	0,300
plata	0,250	0,580	0,595
	1,000	1,000	1,000.

Se advierte que la proporcion de plomo aumenta en estos ensayes por causa de la platina, y de ningun modo se halla en relacion con la cantidad de cobre ; y que, á mas de esto, no se obtiene aun de este modo la verdadera ley de algunas aleaciones, si no se vuelve á copelar el primer boton con 1 á 2 gramos de plomo á la mas alta temperatura posible. Concluida la copelacion, se pesa el boton, y por su peso se sabe cuanto cobre ha habido en un medio gramo de aleacion. En caso que la plata contenida en este boton fuese en cantidad mas de dos veces mayor que la de oro y platina, lo que se sabe por el ensaye preliminar, seria preciso agregar oro fino en proporcion necesaria para que hubiese 2 p. de plata por 1 p. de oro unido con platina. A este propósito Chaudet añade que, ya que en la refinacion por el ácido sulfúrico hay siempre pérdida de algunas milésimas de platina, seria tal vez mejor, para evitar esta pérdida, no tener en la

aleacion del ensaye mas que $1\frac{1}{2}$ p. de plata por 1 p. de oro y platina.

Despues de haber agregado al boton la cantidad necesaria de oro, se vuelve á copelar todo, á una alta temperatura, con un gramo de plomo; y este segundo boton se aplana con mucha precaucion, haciendolo recocer varias veces, si es ágrio, y teniendo cuidado de no calentarlo demasiado. Se estira despues en una hoja como de $1\frac{1}{2}$ centímetros (7 á 8 lin.), sea por medio del castillejo, sea en un yunque, en caso que por su poca maleabilidad no pudiese pasar por el castillejo. Esta hoja, otra vez recocida y arrollada se hace hervir con ácido sulfúrico de 66° de Baumé por 12 minutos; y despues de haber decantado este primer ácido, se vuelve á echar otro de igual grado de concentracion, y se hace hervir todavia por unos 7 á 8 minutos. Se advierte que no se debe decantar los licores sino despues de haberlos enfriado; y no se deja al cuello del matraz mas que 18 centímetros (7 á 8 pul.) de largo; porque de otro modo se rompen los matraces.

Lavado primero con ácido sulfúrico y despues con agua destilada el caracol, indica por la pérdida de su peso la cantidad de plata; y entónces no queda otra cosa mas que separar la platina del oro.

Se toma entónces otro medio gramo de la aleacion sometida al ensaye, y se lo hace pasar á la copelacion con la cantidad de plomo necesaria: el boton que se obtiene, sirve primero para verificar la exactitud de la operacion anterior, y despues para determinar la cantidad de oro mediante las operaciones siguientes. Se agregan á este boton 450 milígramos (900 milésimas de las pesas de oro) de oro perfectamente fino, y 1350 milígramos de plata, quitando de esto la cantidad de oro y la de plata que se suponen existir en el boton Se verifica la aleacion de estos metales, copelandolos con 1 gramo de plomo á una temperatura elevada; y se estira el boton en una hoja como de 11 centim. (4 á 5 pulg.) de largo. Arrollada la hoja, se pasa á un matraz, se vierte ácido nítrico de 22° Baumé, y se hace hervir por unos 15 á 20 minutos: se decanta el licor, se lava el oro, se seca, y se recuece; y quitando del peso de este oro el del oro que se ha agregado, se sabrá la cantidad de oro contenido en la aleacion que se ensaya, ménos algunos milígramos de platina, que no se han podido disolver en esta primera operacion. Se vuelve entónces á alear este caracol con 3 veces su peso de plata fina; se pasa esto

á la copelacion con 1 gramo de plomo, teniendo cuidado de menear el ensaye al momento de concluirse, á fin de hacerlo solidificarse luego que salgan las últimas partes de plomo ; y se somete este segundo caracol á la refinacion húmeda por el ácido nítrico de 22° como ántes. Se repiten estas operaciones, es decir, la *incuartacion* y despues la refinacion por el ácido nítrico, tres veces ; y se hace hervir el tercer caracol primero con el ácido nítrico de 22° como ántes ; y despues con ácido nítrico de 32° por unos 8 á 10 minutos, y entónces se tiene la operacion por concluida si la proporcion de la platina en la aleacion no pasa de $\frac{1}{5}$ de la aleacion ensayada. En fin, para asegurarse de la exactitud del último resultado, se puede todavía someter este tercer caracol á una cuarta operacion enteramente parecida á las anteriores.

En caso que la proporcion de la platina llegase á formar $\frac{1}{3}$ de la aleacion, seria preciso agregar al caracol, despues de la segunda ó de la tercera operacion, 50 milígramos de platina pura, hacer hervir el caracol solo con un ácido, volver á echar despues otro ácido como en los ensayes ordinarios de oro, y repetir la refinacion húmeda, hasta que el caracol deje de disminuir de peso.

Observaciones.—1.ª No se pueden determinar con exactitud las proporciones de plomo que se deben emplear en la copelacion de estas aleaciones, por causa de la composicion muy variable de ellas : por esto, no se puede determinar en este caso con exactitud la proporcion de la plata.

2.ª Para adquirir cierta destreza en esta clase de ensayes, es indispensable que el ensayador empieze por hacer algunas *síntesis*, es decir, por formar aleaciones artificiales en proporciones fijas y de metales perfectamente puros, á fin de estudiar sus caracteres y el grado de calor que les conviene.

3.ª Se obtiene para todos los ensayes de oro y plata el oro perfectamente puro, haciendo precipitar el oro de sus disoluciones en el agua réjia, por el sulfato de protóxido de hierro ó por el ácido oxalico. Se prepara tambien la plata fina precipitando la plata de su disolucion en el ácido nítrico por una disolucion de sal marina, y fundiendo el precipitado con carbonato de sosa.

(F) *Oro con paladio.*

Repetidos ensayes de aleaciones de oro, cobre y paladio prueban las observaciones siguientes :

1.ª Un ensaye de oro de 800 milésimas puede contener 5 milé-

simas de platina sin presentar algun fenómeno particular en las copelaciones.

2.ª Cuando la proporcion de paladio llega á 10 milésimas, su presencia se señala por el aspecto exterior del boton, el cual presenta en su superficie algunas partes empañadas, sin lustre, y otras lustrosas; cuando llega á 20 milésimas, el boton pierde enteramente su lustre.

3.ª Habiendo 100 milésimas de paladio, el ensaye se vuelve lustroso.

4.ª Puede haber hasta 100 milésimas de paladio sin que el ensaye pierda su maleabilidad.

5.ª Basta que haya $\frac{1}{1000}$ de paladio en un ensaye para que el primer ácido de la refinacion tome un color amarillo.

6.ª Puede haber hasta 150 milésimas y mas de este metal sin que resulte un *recargo* para el oro.

7.ª Todo el paladio contenido en un ensaye de 800 milésimas, se disuelve en el primer ácido, y el segundo sale enteramente sin color.

8.ª El paladio, que es un metal poco soluble en el ácido nítrico de 22°, adquiere la propiedad de disolverse con mucha facilidad en este ácido, mediante la plata que se le agrega para la incuartacion: en igual caso se vuelve tambien soluble la platina, pero no tanto como el paladio.

9.ª En fin, este ácido toma un color mucho mas intenso por el paladio que por la platina.

(G) *Oro que proviene de los minerales auríferos ó platosos.*

El boton que proviene de la copelacion en los ensayes de minerales auríferos, contiene comunmente plata. Cuando la proporcion de este metal es mayor que la que exije la *incuartacion*, se aplana el pequeño boton, y se hace hervir con el ácido nítrico puro: el oro queda en estado de polvo que se recoje en un crisol, se recuece, y se pesa, ó bien se envuelve en una hoja de plomo, y se copela. Pero en caso que la cantidad de este polvo fuese extremadamente pequeña, é imponderable, entonces, para asegurarse de que este pequeño residuo insoluble en el ácido nítrico contiene oro, se trataria de disolverlo en el agua réjia, se reconcentraria el licor en una pequeña tazita de porcelana para hacer salir el ácido nítrico, y se agregaria una gota

Modo de investigar la presencia de la mas pequeña cantidad de oro.

ó un pequeño cristalito de protocloruro de estaño : si hay oro, el licor que ántes tenia un color amarillo, da un precipitado violáceo ó bien casi negro de *púrpura de Casio*, por el cual se pueden reconocer los indicios mas pequeños de oro. Cuando en un boton predomina el oro, entónces es necesario volver á fundirlo con 3 veces su peso de plata fina, ó bien volver á hacer el ensaye con adicion de la misma proporcion de plata

§ 5.º ANALISIS DEL ORO NATIVO POR EL ACIDO OXALICO.

Se debe reducir el oro en hojas delgadas ; se toma un cierto peso, por ejemplo, 2 gramos (40 granos) de estas hojas ; se introducen en un matraz ó en una cápsula, y se vierte agua réjia, teniendo cuidado de ayudar la accion de los ácidos por medio del calor. La mayor parte de la plata se trasforma inmediatamente en cloruro, que conserva casi siempre la misma forma que tenia el oro ; se decanta el licor, se disgregan las partículas del cloruro por medio de un tubo de vidrio, y se echa otra nueva cantidad de agua réjia. Si la aleacion contiene mas de 20 por ciento de plata, el cloruro formado tiene tanta cohesion, que no se deja disgregar por el tubo ; y en este caso, se ha de temer que no se haya atacado bien el oro : por consiguiente, este método no sirve sino para las aleaciones que contienen ménos de 20 por ciento de plata.

Despues de haber calentado por algun tiempo el residuo con esta nueva cantidad de agua réjia, se agrega el agua á las dos disoluciones ácidas. La primera por lo comun no se enturbia sino muy poco, miéntras en la segunda se asienta una cantidad notable de cloruro de plata ; y por esto se dejan las dos disoluciones por algun tiempo en reposo. Se recoje despues todo el cloruro de plata en un filtro, se lava, se seca ; y despues de haberlo fundido en una tazita de porcelana de un peso conocido, á la llama de una lámpara de alcool, se pesa.

Se evaporan las disoluciones con sus aguas de lavado en una cápsula de porcelana hasta sequedad ; en seguida se echa agua, y se hace pasar todo á un vaso ó matraz ; se agrega una disolucion de ácido oxálico, y se cubre el vaso, á fin de evitar que algunas partículas de oro se arrojen por el ácido carbónico que se desarrolla. En este estado se deja el vaso en una estufa caliente ó baño de arena por

24 horas; y cuando el precipitado se ha juntado en el fondo, y el licor queda sin color, y no despide burbujas de gaz al añadir nueva cantidad de ácido oxálico, no hay duda de que la operacion está concluida.

Se filtra el licor; y recojido el oro en el filtro, se seca, se recuece en un crisol de porcelana, y se pesa. En cuanto al licor, se lo evapora hasta sequedad, se vuelve á disolver el residuo en el ácido hidroclórico; y se precipita sucesivamente el cobre por el hidrójeno sulfurado, y el hierro por el hidrosulfato. Como la cantidad de estos dos metales es por lo comun muy pequeña, y no pasa de 3 á 4 milésimas, basta calcinar esos precipitados primero con el contacto del aire, á una temperatura muy baja, y al fin á la temperatura de calor albo, para obtener estos metales en estado de óxidos. Por el peso del óxido de cada uno, se sabe él del cobre y del hierro : por el peso del cloruro de plata se determina él de la plata; y en cuanto al oro, se obtiene en estado de una esponja muy liviana de metal perfectamente puro.

CAPITULO 10.

MERCURIO.

SECCION 1.ª

Minerales y productos de las artes.

§ 1.º ESPECIES MINERALES.

Las especies minerales que contienen mercurio, son las siguientes:

1.º El mercurio metálico,
2.º El súlfuro simple ó cinabrio,
3.º El cobre gris mercurial, (véase cobre)
4.º Los súlfuros dobles de mercurio y de zinc,
5.º El seleniuro,
6.º El protocloruro,
7.º El ioduro,
8.º Las amalgamas nativas, (véase plata).

1.º *Mercurio nativo.*—En globulitos, diseminado, y en el interior de ampollas ó vejiguillas de la roca, de las piritas ó del cinabrio. Es líquido, de color blanco de estaño, P. esp. 13,581. Es casi siempre perfectamente puro; se halla en Idria (en Carniola) en una capa de esquita arcillosa intercalada entre las de una piedra caliza compacta; tambien se encuentra en las minas de Almaden (en España), en el Palatinado y en Huancavelica en el Perú.

2.º *Cinabrio.*—Se halla en masas, en pegaduras, dendrítico y cristalizado. Su forma primitiva es un romboedro agudo de 71º 48′, el que, creciendo los truncamientos en los vértices, pasa á tablas con caras lisas y lustrosas. Su color es rojo de cochinilla, que pasa á gris de plomo y á rojo carmin; por dentro lustroso; el de color claro, de lustre de diamante; y el obscuro, de lustre semimetálico; estructura hojosa, mas ó ménos perfecta y plana, de cuádruplo crucero, uno paralelo al truncamiento en los vértices, y los otros tres paralelos á las caras del romboedro. A veces es compacto con una fractura desigual ó concoidea plana. Es opaco ó trasluciente en los bordes; los

cristales son á veces semitrasparentes. Raspadura roja de escarlata y mas lustrosa ; es blando, quebradizo. P. esp. 8,098. Al soplete, se sublima en el matracito : el sublimado es negro, pero la raspadura roja ; en el tubo abierto da mercurio y cinabrio sublimado. Consta de

mercurio	0,8629
azufre	0,1371.

Es casi la única especie que constituye los verdaderos minerales que se benefician en grande por mercurio. Se halla en Tasco, Durazno, San Juan de la Chica &c. en Méjico ; en las minas de Huancavelica y de Chonta en el Perú ; en las de Punitaque, de Illapel &c. en Chile ; y las minas mas considerables del antiguo continente son las de Almaden, de Idria y del Palatinado.

Del Rio pone como variedad de esta especie, el *cinabrio subido*, que es de color rojo de escarlata, de estructura terrosa ó fibrosa muy fina, sin lustre ; tizna algo. Es el que tiñe las areniscas de Casas Viejas, Rincon &c. en Méjico, y el que da color rojo á los minerales muy pobres de Illapel y de Andacollo en Chile.

Otra variedad de la misma especie es el *cinabrio hepático :* jeneralmente en masas, de color rojo de cochinilla, obscuro y gris de plomo, lustre semimetálico. Estructura compacta, fractura igual que pasa á desigual ; raspadura mas roja y mas lustrosa. En el matracito deja una masa negra, que es carbon. Consta, segun Debereyner, de

azogue	0,8372
cloruro de azufre	0,1628.

Cobre gris mercurial.—Klaproth analizó un cobre gris mercurial que le dió :

cobre	0,390
hierro	0,075
mercurio	0,062
antimonio	0,195
azufre	0,260
	0,982.

Esta especie mineral se halla en las minas de mercurio y en algunas de cobre en Chile, pero siempre en pequeña cantidad y siempre acompañada con el cinabrio, carbonato azul de cobre, cuarzo é hidrato de hierro. Se reconoce, como ya se ha dicho (paj. 86), por su color gris de acero, su lustre metálico y por el modo con que se porta al soplete. En el tubo abierto produce mucho humo antimonial, mercurio y olor de azufre quemado : en el matracito se sublima casi todo

el mercurio al estado metálico, y el resíduo queda negro : la reduccion se hace probablemente por el hidrato de hierro de que consta el criadero, y por el betun que se encuentra casi en todos los minerales de azogue. Este mineral es muy atacable por el ácido nítrico, aun sin auxilio del calor ; y las tres cuartas partes del mercurio se disuelven en este ácido, dejando lo demas en estado de antimonito de mercurio en el residuo : es tambien en parte atacable por el ácido muriático. Despues de haber separado la parte metálica de color gris de acero, sin manchas visibles de cinabrio, de unos minerales de cobre, que provenian de la mina llamada Manto de Valdivia en Punitaque, se encontró que esta sustancia metálica contenia 0,077 de mercurio, y era compuesta de

cobre gris mercurial	0,340
carbonato de cobre	0,078
hidrato de hierro	0,184
cuarzo, arcilla	0,388
	0,990.

Y el cobre gris separado de sus criaderos, se halló compuesto de

cobre	0,336
mercurio	0,240
hierro	0,015
zinc	indicio
antimonio	0,207
azufre	0,202
	1,000.

Es por consiguiente un sulfuro multíplice de cobre, mercurio y antimonio.

4.° *Biseleniuros de zinc y mercurio.*—Herrera ha encontrado en Méjico, en Culebras, junto al mineral del Doctor, y Andres del Rio ha analizado y descrito dos especies minerales que constan de selenio, zinc y mercurio : estas especies son :

Fósil rojo : tiene los mismos caracteres exteriores que el cinabrio obscuro ; arde al soplete con llama violada hermosa y mucho humo apestado, que huele á coles podridas, dejando una tierra blanca agrisada. P. esp. 5,66.

Fósil gris : color gris de plomo obscuro ; estructura granuda de partes muy finas, con tendencia á hojosa, fractura desigual ; es lustroso en la raspadura y mas duro que el espato calizo. Su polvo tizna algo. P. esp. 5,56. Se porta al soplete casi del mismo modo que el

anterior. Se parece mucho á la plata gris. Se halla en pequeñas masas y diseminado en el espato calizo. Esta especie consta, segun Del Rio, de

selénio	0,490
zinc	0,240
mercurio	0,190
azufre	0,015
criadero	0,060.

Del Rio opina que esta especie contiene protosúlfuro de mercurio, miéntras la anterior es biseleniuro de zinc con bisúlfuro de mercurio ó cinabrio. Las dos se crian con mercurio nativo y cinabrio hepático en la *caliza alpina.*

5.° *Seleniuro de mercurio y plomo.*—Es de color gris de plomo, que pasa á gris de hierro, á veces con colores de arco íris en la superficie. Su estructura hojosa, de triple crucero casi rectangular. P. esp. 7,30. Al soplete da un sublimado cristalino de seleniuro de mercurio; y cuando este seleniuro se halla en proporcion considerable, hierve: agregando carbonato de sosa ó estaño, se forma un sublimado de mercurio. Ha sido descubierto por Zincken en Harz. Su composicion es variable: una muestra analizada por Rose, tenia 1 átomo de seleniuro de mercurio por 2 átomos de seleniuro de plomo.

6.° *Mercurio córneo*—ó protocloruro de mercurio, es muy escaso; se halla en pequeños granitos diseminados en los minerales de mercurio, y en prismas que derivan de un octaedro isócelo, cuyos ángulos son de 98° 4′ y de 138°. Es de color gris ceniciento que pasa á veces á gris amarillento, al blanco agrisado y amarillento. Cristales pequeños de lustre de diamante; estructura compacta, fractura concoídea perfecta; es trasluciente en los bordes, blando, dócil, quebradizo. P. esp. 6 á 7,5. Al soplete, en el matraz, da un sublimado blanco; y con sosa, sublimado metálico de azogue. Consta segun Klaproth, de:

óxido de mercurio	0,760
ácido muriático	0,164
ácido sulfurico	0,076
	1,000

Se halla en compañía del mercurio nativo, del cinabrio y del hierro pardo ocráceo.

7.° *Ioduro de mercurio.*—Del Rio ha descubierto este fósil en unas manchas de color amarillo de limon, en la arenisca abigarrada de Casas Viejas, en Méjico: estas manchas, por la accion del aire ó

bien del amoniaco, se vuelven negras.

§ 2.º MINERALES (METALES) QUE SE BENEFICIAN POR MERCURIO.

(A) *Minerales de mercurio metálico ó nativo.*

Hay en las inmediaciones de Idria una capa de esquita arcillosa, intercalada en una caliza compacta, y en la cual el mercurio nativo se halla diseminado en cantidad bastante considerable, para que haga cuenta de esplotar esta esquita por mercurio; y como el mismo mineral no contiene cinabrio, y se halla acompañado solo con la pirita, se extrae de él por el simple lavado la mayor parte de mercurio en estado puro; y lo restante, en estado de una mezcla con pirita.

Se dice que el mercurio líquido se halla tambien en cantidad considerable en las minas de azogue en Huancavelica, y se separa con la mayor facilidad de sus criaderos.

(B) *Minerales de cinabrio.*

De todas las especies minerales que se acaban de describir, el cinabrio es la que se halla en mayor abundancia en la naturaleza, y la que constituye los minerales que se benifician en grande por mercurio.

Las minas mas importantes de cinabrio son las de Almaden, en España: el cinabrio se cria en ellas principalmente en vetas, que *Almaden.* atraviesan un terreno estratificado, compuesto de esquitas arcillosas, margosas y de arenisca cuarzosa, muy dura, de la época segundaria, que, segun toda probabilidad, pertenece á la de la *arenisca roja.* Segun Ezquerra, hay en Almaden solo tres vetas, llamadas vetas de *San Nicolas, San Francisco y San Diego,* y una gran masa aislada en forma de columna *(plan de Santa Clara),* que producen toda la riqueza de estas minas: la misma caja del criadero, en los intervalos, que se hallan entre las vetas, contiene tambien, segun Karsten, cinabrio diseminado en partículas muy pequeñas. Las tres vetas corren de N–O á S–E; y la extension de todo el criadero comprende unas 200 varas de lonjitud y sobre 80 de latitud; pero en tan corta estension, dice Ezquerra ¡cuánta riqueza se encierra! La lonjitud y potencia (grueso) de las tres vetas aumentan con la profundidad, y hasta ahora las labores han bajado solo á 300 varas. Se sacan de estas minas

anualmente como 200,000 quintales de mineral, que contiene término medio 10 por ciento de mercurio.

Idria. Los minerales de Idria constan de una roca caliza, arcillosa, en medio de la cual el cinabrio se halla diseminado con pirita y á veces con mercurio nativo: la ley media de estos minerales no pasa de 0,036; pero se encuentran tambien fragmentos de la misma roca, que contienen hasta 0,75 de cinabrio.

Huancavelica. Las minas de Huancavelica en el Perú se hallan tambien en un terreno *segundario* estratificado de una arenisca cuarzosa. El *metal* ordinario de estas minas es, segun Berthier, una arenisca compuesta de granos muy pequeños de cuarzo transparente, desmoronadizo, en la cual el cinabrio se halla diseminado en partículas muy pequeñas fáciles de distinguir por su color rojo violáceo, y mezcladas con pirita de hierro. Esta pirita se descompone pronto por el contacto del aire; por esto los minerales exhalan un olor vitriólico, y se cubren de una sustancia terrosa de un amarillo verdoso, que no es otra cosa que sulfato de hierro. Calentando estos minerales en una retorta de vidrio, se sublima luego una pequeña cantidad de cinabrio, que se condensa en forma de una película parda negruzca en el cuello de la retorta; y al mismo tiempo se sublima una cantidad notable de cinabrio, el cual, segun Berthier, puede provenir en parte de la reduccion del cinabrio por el aire contenido en el interior de la retorta, y en parte del mercurio metálico, que sin embargo no se percibe á la vista. Se dice que estos minerales contienen término medio 2 por ciento de mercurio.

Chonta. Se han descubierto minerales de cinabrio en varias otras partes del Perú: los de Chonta (á 14 leguas de Pasco, hácia el Norte) son de la misma naturaleza que los anteriores, es decir, mezclados con una pirita que se descompone con la mayor facilidad por el aire, desmoronadizos, compuestos de cuarzo y cinabrio rojo violaceo, pero mucho mas ricos que los de Huancavelica. Una colpa de estos minerales de cerca de una arroba de peso, dió al ensaye 47 por ciento de mercurio.

Méjico. Los mismos minerales en Méjico, segun Del Rio, se hallan en la arenisca de carbon ó en la arenisca roja, en capas, en Tasco y Durazno; en los pórfidos subordinados, en San Juan de la Chica y el Cerro del Fraile; en la caliza alpina que cubre el terreno de carbon,

en vetas ó trozos, en Anjelina, junto á Pozos; y en capas subordinadas á ella en la betun-pizarra de Targea.

En Chile tambien se han encontrado los minerales de cinabrio en diversas partes: pero lo que hay de particular aquí, es que, miéntras en las mas minas de azogue de otros paises, el mercurio se halla en los terrenos segundarios estratificados de esquitas, areniscas ó calizas, las mejores minas de Chile, que son las de Punitaque, se encuentran en vetas, que atraviesan un terreno granítico (primitivo) cerca de las vetas de cobre y de oro. Se pueden distinguir dos especies de minerales de cinabrio en Chile.—1.° Los mas ricos son de cinabrio hojoso ó muy compacto, de color rojo obscuro, á veces semi metálico: basta que una piedra presente en su interior unas partículas apénas visibles de este cinabrio, para que su ley llegue á $2\frac{1}{2}$ ó 3 por ciento. Sus criaderos son el cuarzo, el hidrato de hierro, el carbonato de cal, y la pirita. Tales son los minerales de las minas de Punitaque, que producen poco mineral en proporcion á lo que producen las minas de España; pero esos minerales son muy ricos, de 15 á 20 por ciento de mercurio; y aun la *broza ó el despinte*, es decir, el criadero que los acompaña, da $\frac{1}{2}$ á 1 por ciento de azogue. Dos colpas grandes de mineral de primera calidad de estas minas dieron en dos analísis: *Chile.* *Punitaque.*

	(1)	(2)
mercurio	0,226	0,435
hierro	0,023	0,016
azufre	0,033	0,076
carbonato de cal	0,395	—
hidrato de hierro	0,142	0,095
cuarzo	0,161	0,369
	0,980	0,991.

En jeneral, el criadero de estos minerales contiene poca cal ó ninguna: y por esto, si se procede en el beneficio por el método de destilacion en retortas de hierro, y no por él de calcinacion, se debe agregar carbonato de cal mezclado con carbon.—2.° La segunda clase de minerales de mercurio en Chile contiene cinabrio terroso, de color rojo subido, que en jeneral es una mezcla del cinabrio anterior con una arcilla ocracea. Los mineros del pais llaman á este cinabrio *mercurio llullo*, y lo consideran como mercurio que se está criando todavia, á diferencia de aquel que consideran como *metal hecho*. Sucede encontrar *colpas* enteramente rojas, teñidas con este

cinabrio, y que no tienen mas que 1 por ciento de mercurio; y, en jeneral, la ley de estos minerales no llega á 3 por ciento. El criadero de ellos consta por lo comun de cuarzo, hidrato de hierro y carbonato azul de cobre; tales son los de una mina situada á unas 3 leguas de Illapel: á veces el mineral consta solo de cuarzo compacto, punteado con manchas azules de carbonato de cobre y manchas rojas, encarnadas de cinabrio, como son los minerales de La Lajarilla, mina situada á 3 leguas al Este de Andacollo. A veces se halla diseminado en esta clase de minerales el cobre gris mercurial, que hace subir considerablemente la ley del mercurio. Queda que agregar que, como las principales vetas de azogue en Chile se hallan en los granitos, en los mismos terrenos que el oro, resulta que del mismo modo que el oro, se halla tambien el cinabrio en algunos *lavaderos*, es decir, en los terrenos de acarreo; y para esto se pueden citar como ejemplo unas arenas de la quebrada del Altar cerca de Punitaque.

(C) *Minerales arsenicales.*

Huancavelica. Entre los minerales mandados á la Escuela de minas en Paris, de Huancavelica, dos años ha, llamó particularmente la atencion de Berthier el *mineral rojo*, que se considera por los mineros del pais como metal de una especie particular de cinabrio, de la cual no se puede extraer el mercurio por ninguno de los métodos ordinarios de beneficiar. Berthier reconoció que la sustancia roja que tine estos minerales, no era cinabrio, sino sulfuro de arsénico (rejalgar): este sulfuro se halla en pequeñas venas irregulares y en pequenas partículas, á veces en cristalitos; y es de color rojo hermoso en la fractura fresca, y se vuelve amarillento, mezclado de oropimente por el contacto del aire. Se halla acompañado con una blenda negruzca sin lustre, de estructura granuda; con la pirita diseminada en partículas tan pequeñas, que solo por la analísis se reconoce su presencia; con la galena, que tampoco se distingue á la simple vista; con el arsénico metálico, que se reconoce por el lustre metalico que toman sus partículas, cuando se frotan; en fin, con el cinabrio que rara vez se halla á la vista, y solo se descubre por los ensayes quimicos. Calcinado gradualmente en una retorta de vidrio este mineral, se sublima primero una pequena cantidad de oropimente, viene despues á condensarse una sustancia negra parduzca, que es cinabrio mezcla-

do comunmente con algunas gotillas de azogue; y en fin se volatiliza una gran cantidad de rejalgar puro, que se condensa en el cuello de la retorta bajo la forma de unas gotas transparentes de color rojo de rubí: suele á mas de esto aparecer al fin de la operacion el arsénico metálico.

Calcinado el mismo mineral en una retorta de vidrio con 1 p. de cal caústica y 1 p. de carbon, se sublima el mercurio; pero una parte de cinabrio se condensa tambien sin descomponerse; y aumentando el fuego, se sublima tambien el arsénico. Calcinado del mismo modo con 2 p. de peróxido de hierro nativo, da primero una mezcla de oropimente y mercurio metálico y despues súlfuro de arsénico; calcinado con 5 veces su peso de litarjirio, y tomando la precaucion de graduar convenientemente el calor, para que el vidrio no se funda ántes que se descomponga completamente el cinabrio, se obtiene la totalidad de mercurio sin ninguna mezcla de rejalgar ni arsénico.

La proporcion de mercurio que contienen estos minerales, es variable, pero mas considerable que la de los minerales ordinarios de Huancavelica; y el método que Berthier propone para su beneficio, consiste 1.° en calentar lenta y gradualmente el mineral en unas retortas, hasta que se sublime todo el cinabrio con una pequeña porcion de rejalgar; y en someter despues el residuo á una destilacion á parte, mediante un calor mas intenso; ó bien 2.° en calentar gradualmente las retortas, aumentando el fuego al fin de la operacion, pero manteniendo siempre los tubos de condensacion á una temperatura bastante baja, para que el rejalgar no pase al estado líquido, y quede condensado en la parte del aparato mas inmediata al horno: en tal caso el cinabrio se hallaria en la parte anterior del aparato, mezclado con una pequeña porcion de súlfuro de arsénico, y se podria separar con facilidad del sublimado puro de rejalgar. Quedaria despues que efectuar la reduccion del cinabrio mezclado con un poco de arsénico, para sacar el mercurio; y esto se podria hacer por cualquiera de los métodos conocidos, sea mediante la calcinacion con el contacto del aire por el método español, sea mediante la destilacion con el hierro métalico, con el peróxido de hierro, con el carbonato de cal ó con sustancias alcalinas. En caso que el cinabrio procedente de la primera operacion, fuese todavia muy impuro, es decir, mezclado con una gran porcion de rejalgar, se podria vol-

ver á destilarlo con un calor muy moderado, para separar la mayor parte del súlfuro de arsénico. Es regular que el mercurio obtenido de estos minerales, estaria todavia mezclado con un poco de rejalgar de arsénico metálico; y se podria purificarlo en gran parte, y solo meneandolo en el agua. (Anales de minas, 1841).

(D) *Minerales selenados.*

Méjico. Se han encontrado en San Onofre en Méjico, hace cinco años, minerales seleniados de mercurio en tal abundancia, que se esplotan actualmente en grande para el beneficio de mercurio. Estos minerales contienen una sustancia metálica de color gris de acero, parecida al cobre gris, compacta ó granuda, diseminada en unos criaderos de carbonato de cal y de sulfato de barita. Esta sustancia es completamente volátil, y se condensa en un sublimado negro, cuya raspadura es tambien negra, sin algun indicio de color rojizo: el mineral consta de seleniuro y súlfuro de mercurio, combinados en tal proporcion, que por 1 átomo de seleniuro hay como 4 átomos de súlfuro: es probable que estos dos cuerpos, siendo isomorfos, se hallan combinados en todas proporciones en la naturaleza. (Anales de minas, año 1839).

(E) *Minerales cobrizos.*

El cobre gris mercurial, descrito entre las especies minerales de mercurio, se halla en Punitaque y en otras minas de mercurio en Chile, casi siempre acompañado con el cinabrio terroso, del cual es imposible separarlo completamente. Esta variedad de cinabrio, como ya se ha dicho, poco contribuye á aumentar la ley del mineral. En un experimento hecho sobre una *colpa* de mineral de Punitaque, ensayando primero unos fragmentos, que contienen la parte mas pura de cobre gris, sin algun indicio de cinabrio rojo, y ensayando despues otros fragmentos de la misma colpa, compuestos de cobre gris y de mucha sustancia roja de cinabrio terroso, se halló que, mientras aquella parte dió 7 á 8 por ciento de mercurio metalico, la otra, cuyo polvo era pardo rojizo por el cinabrio arcilloso que contenia, dió solo 5 por ciento de mercurio.

Los minerales de esta clase tienen siempre por criadero mucho hidrato de hierro y sílice hidratada, casi siempre carbonato azul de cobre é hidro-silicato de cobre, cuarzo y arcilla; los de Illapel y de

Andacollo tienen idénticamente el mismo aspecto que los de Punitaque ; pero la proporcion de mercurio varía, por causa, segun parece, de una cierta cantidad de cinabrio, que se halla siempre mezclado con el cobre gris.

En jeneral, los minerales de mercurio de esta clase se reconocen con bastante facilidad ; porque todos presentan en su exterior una diversidad de manchas azules, rojas, pardas y gris de acero, en medio de una masa cuarzosa. Pero, á mas de esta especie de cobre gris muy rica en mercurio, diseminada en los minerales que contienen al mismo tiempo cinabrio, se encuentran en Chile otras variedades de cobre gris, sea arsenical, sea antimonial, que contienen solo algunas milésimas de azogue. En este caso se halla por ejemplo el cobre gris del Cerro de Alcaparrosa, en la cordillera de Combarbala (paj. 175), que, ensayado en una retorta con dos veces su peso de litarjirio, emite 0,001 de mercurio. Estas variedades de cobre gris tienen por lo comun poco ó casi nada de plata.

Este es tambien el lugar de señalar otra variedad de minerales de azogue, que salen de una veta de azogue cerca de Vallenar (Huasco alto), y contienen una sustancia negra metálica, compacta, diseminada en medio de un criadero de silicato de cobre y de cuarzo. Esta sustancia negra separada de su criadero y ensayada al soplete en un tubo abierto, da un pequeño sublimado amarillo, muy parecido al selenito de mercurio, pero es arsénito de mercurio ; y proviene de unas milésimas de mercurio y de arsénico que el mineral contiene. La parte metálica del mineral consta esencialmente de súlfuro y óxido de cobre, mezclados con carbonato de cobre.

Todo esto hace ver que el mercurio se halla diseminado en la naturaleza en mayor abundancia de lo que se ha creido hasta ahora; y esto mismo es una advertencia para los mineros, porque entre los minerales de cobre que esplotan, puede haber algunas variedades que contienen mercurio, cuyo metal se pierde en las fundiciones.

(F) *Minerales platosos.*

De las dos especies de amalgama nativa descritas entre las especies minerales de plata (paj. 162), una se halla en muy pequeña cantidad en la naturaleza, para que pueda formar verdaderos minerales de mercurio, mientras la otra, que tiene 6 atomos de plata por 1 atomo de

mercurio *(la arquería)*, hallandose en cantidad considerable en las minas de Arqueros, se utiliza no solo por plata, sino tambien por mercurio. En efecto, los minerales de primera calidad de Arqueros, que suelen tener mil á dos mil marcos de plata por 64 quintales, dejan en la molienda toda su amalgama nativa en la solera del trapiche, pasando solo 130 á 150 marcos por cajon á las *harinas*. Esta amalgama, siendo por lo comun en granos gruesos, se recoje, se lava y se refriega con el mercurio para separar las partes pedregosas del criadero; despues se exprime en una tela como las amalgamas artificiales; se hacen piñas que se someten á la destilacion ordinaria; y asi se obtiene no solo todo el mercurio que se habia agregado para conglomerar aquellos granos del mineral, sino tambien la mayor parte del mercurio que el mineral contiene. Resulta de esto que en el beneficio de esta clase de minerales por plata, cuando los minerales son ricos, se obtiene en la destilacion de las *piñas de relave* (paj. 191) un aumento de azogue que hace mas que compensar las pérdidas de mercurio que se experimentan en el beneficio de *las harinas*.

Arquería.

§ 3.º PRODUCTOS DE LAS ARTES.

1.º *El mercurio* del comercio se halla muchas veces falsificado con plomo, bismuto ó estaño: se reconoce esta falsificacion, destilando el mercurio en un tubo ó una retorta, y examinando el residuo que queda. En este residuo se reconcentran casi en totalidad los tres mencionados metales.

2.º *Residuos del beneficio.*—Se benefician los minerales de mercurio de dos modos: por via de destilacion, ó por via de calcinacion. En el primer caso, se emplean retortas ó cilindros de hierro; y se mezcla el mineral con carbonato de cal y carbon, si el criadero no es calizo, ni contiene betun: el cinabrio se descompone, durante la operacion, por la cal; el mercurio cede su azufre al calcio y se volatiliza, dejando el súlfuro de calcio en los residuos. Por el segundo método, puesto en practica en Idria y Almaden, el mineral se calcina en unos hornos prismáticos, en los cuales la llama se pone en contacto inmediato con el mineral: en este caso, la corriente del aire atravesando el horno, cede su oxijeno al azufre del cinabrio, se forman ácido sulfuroso y vapor de mercurio, que arrastrados por esta misma corriente, tienen que atravesar unos *cuartos de condensacion*

(como en Idria) ó unas hileras de *cantarillas ó aludeles* (como en Almaden). En estos *cuartos ó aludeles* es donde se condensa el azogue; los residuos no contienen por lo comun ningun indicio de azogue, aunque el mineral se somete á estas operaciones en fragmentos ó *colpas* muy grandes, y aunque el fuego del horno nunca se eleva bastante para descomponer los carbonatos que constituyen el criadero.

3.° *Hollines.*—A mas del mercurio líquido que se condensa en los cuartos ó en las cantarillas, por este último método, se asientan tambien en el interior de estos condensadores unos *hollines* negros, muy ricos en azogue, y que se vuelven á beneficiar, mezclandolos con minerales. Proust halló en unos hollines de Almaden

mercurio muy dividido	0,660
protocloruro de mercurio	0,180
cinabrio	0,010
sulfato de amoniaco	0,035
sulfato de cal	0,010
ácido sulfúrico libre	0,025
carbon	0,050
agua	0,025
	0,995.

4.° *Las heces* negras (que suelen llamar *lices*), que se forman en la destilacion de las *piñas*, enturbian el agua donde se condensa el azogue, sobrenadan en la superficie de este último, y contienen á veces mas de la mitad de su peso de azogue, el cual se halla en la mayor parte en estado metálico, pero dividido en partículas extremadamente finas, y lo demas al estado de óxido, de cloruro y de sulfuro. Se puede extraer la mayor parte del mercurio de estas heces, secandolas y exprimiendolas en una tela.

5.° *El cinabrio* del comercio se halla muchas veces falsificado con mínio, peróxido de hierro, ladrillo molido, rejalgar &c. Se reconoce la presencia de las tres primeras sustancias, sometiendo el cinabrio á una destilacion, y la del rejalgar, haciendo dijerir el cinabrio en el amoniaco, y despues saturando el licor con un ácido: en este caso, si hay sulfuro de arsénico, este se disuelve en el amoniaco, y despues vuelve á precipitarse.

Seccion 2.ª

Modos de ensayar.

Ensaye.—Las materias que se ensayan por la *via seca*, contienen el mercurio, 1.° al estado metálico, libre ó aleado con diversos metales; 2.° al estado de óxido; 3.° al estado de súlfuro, de seleniuro, de cloruro ó ioduro. Se ensayan todas estas materias por mercurio, de la misma manera: solamente unas se destilan con adicion de un reactivo conveniente; y las otras, sin reactivo.

Naturaleza de las materias.

He aquí como se procede.

Ensaye por mercurio.—Se destila la materia en una retorta, y se recoje el mercurio que se evapora, sea en el cuello mismo de la retorta, sea en un recipiente, tal como un globo ó una cápsula con agua. Cuando se opera sobre una pequeña cantidad de materia, 10 gramos, (200 granos) á lo mas, como conviene hacerlo en caso que se intente solo determinar la cantidad de mercurio, se puede emplear una retorta de vidrio, la cual se calienta gradualmente sobre un fuego de carbon bien encendido en un horno de reverbero; y se aumenta el fuego hácia el fin, hasta ablandar el vidrio, teniendo cuidado de mantener la cúpula de la retorta bastante caliente, para que no pueda condensarse allí el mercurio, y para que este metal pase en su totalidad al cuello. Cuando la operacion se ha terminado, este cuello se corta, y se pesa: despues se despega el mercurio, y se pesa otra vez el mismo cuello bien limpio: se determina en este caso el peso del metal por diferencia: ó bien se limpia el interior del tubo con una pluma, haciendo caer el mercurio en el agua; se calienta esta agua durante algunos minutos, si fuere necesario, para que el mercurio se reuna en un solo globo; se decanta el agua, se seca el mercurio á la temperatura ordinaria, y se pesa. Es de advertir que, aunque el mercurio se condensa siempre en totalidad en el cuello, bajo la forma de un rocío metalico, y no sale de la retorta al estado de vapor, sin embargo, para evitar perdidas, se hace sumerjir hasta la mitad el orificio de la retorta en el agua, y se puede aun poner en el mismo orificio un pedazo de lienzo, que penetre como una pulgada en el interior del tubo, y se sumerja en el agua: de este modo el interior del cuello de la retorta se halla constantemente refrescado

Operacion.

Precaucion.

con el vapor de agua, que se produce por la condensacion de los vapores mercuriales; y si sucede que una parte de estos últimos llegue hasta el orificio, allí se condensa, y se pega al lienzo, del cual se separa despues con facilidad, ajitando el lienzo en el agua del recipiente. Cuando se opera sobre cantidades un poco considerables de materias mercuriales, como es menester calentar fuertemente, con el fin de que el calor penetre hasta el centro de las masas, no se pueden entónces emplear retortas de vidrio, sino unas retortas de greda ó de porcelana impermeable. En los injenios donde se destilan las amalgamas, se hace uso de retortas de hierro colado, que se componen de dos piezas.

Se destilan sin adicion las materias que contienen el mercurio al estado metálico ó al estado de óxido; mas para las demas materias, es menester añadir un reactivo, que tenga la propiedad de apoderarse del azufre, del selenio, &c. Estos reactivos son 1.° un metal, cómo el hierro; 2.° el cobre, ó el estaño; 3.° el flujo negro ó una mezcla de cal caústica y de carbon; 4.° el litarjirio. Se emplea frecuentemente para esto la limadura de hierro. Se sabe que la reduccion del cinabrio no necesita mas que 0,231 de hierro; pero, como este metal no se puede obtener en polvo impalpable, y los granos de la limadura no se convierten en súlfuro sino lentamente, y solo por via de cementacion, conviene emplear un exceso de hierro, como 50 por ciento, á fin de que no se sublime el cinabrio sin descomponerse: esta misma proporcion es suficiente para los seleniuros y otros minerales analogos. Si se hace uso del flujo negro, se añade á la materia la mitad ó dos tercias partes de su peso de reactivo. En cuanto á la cal caústica, se la emplea en la proporcion de cerca de un tercio, y se mezcla con un tercio de su peso de carbon en polvo.—Los minerales arsenicales solo se pueden ensayar con litargirio, y necesitan 3 á 4 p. de este reactivo. En todo caso, cuando la mezcla está introducida en la retorta, es bueno cubrir toda la materia con una lijera capa de reactivo puro, á fin de que nada se escape á su accion.

Reductivo.

Flujo negro.

Ensaye por súlfuro.—Cuando se quiere ensayar una materia mercurial para saber cuanto súlfuro ó seleniuro contiene, se la destila en una retorta de vidrio sin adicion: la sustancia sublimada se condensa en el cuello; y se determina el peso del mismo modo que para el mercurio.

Influjo de los criaderos

Los minerales sulfurados se hallan frecuentemente mezclados con materias betuminosas, peróxido de hierro y carbonato de cal : en este caso, si se quiere hacer el ensaye por cinabrio, sucede que una parte de éste se descompone, sea por el carbon, sea por la accion de las materias betuminosas y del óxido de hierro ó de la cal ; y entónces se sublima cierta cantidad de mercurio metálico, aunque el mineral no contenga mas que súlfuro. En este caso, despues de haber pesado la mezcla de cinabrio y de mercurio, se hace calentar esta mezcla con ácido nitrico no muy concentrado, en que solo se disuelve el metal, y queda el súlfuro casi intacto : se toma entónces el peso del residuo que es de cinabrio puro, y restandolo del peso de la mezcla, se obtiene él del mercurio : en fin, por la cantidad de este último se sabrá la del súlfuro que le corresponde.

Si la reduccion del cinabrio se hace principalmente por la cal, se evita esta descomposicion tratando el mineral, antes de destilarlo, por el ácido acético, el ácido nítrico ó el ácido muriático, que disuelven el carbonato calizo, sin tocar al súlfuro.

Cuando un mineral de mercurio tiene por criadero unas materias fijas no volátiles, se determina su riqueza mediante una simple calcinacion en lacual se subliman todas las sustancias minerales, y queda el criadero puro.

Ensayes en pequeño.—Hay muchos medios de reconocer la presencia de una pequeña cantidad de mercurio en alguna materia.

He aquí cuales son estos medios.

Hierro.

1°. Se mezcla la materia con limadura de hierro ó estaño metálico ; y se hace calentar la mezcla al calor rojo en un tubo cerrado por un estremo. El mercurio se sublima, y se reune en la parte mas fria del tubo bajo la forma de un rocío metálico, que se puede recojer y juntar en una gota metálica, mediante una pluma muy seca.

Litargirio.

2.° El método mas cómodo y mas exacto para esta clase de ensayes en pequeño, es el siguiente : se toma un tubo como de 3 líneas de diámetro y 7 á 8 pul. de largo ; se cierra por un extremo, y se encorva en la extremidad cerrada en forma de una pequeña retorta, de tal modo que la parte corva tenga solo $1\frac{1}{2}$ a 2 pulgadas de largo. Se seca bien este tubo, y se introducen en su interior 5 decigramos (10 granos) de la materia que se quiere ensayar, mezclada con 1 a 2 p. de litarjirio ; se calienta la parte encorvada del tubo, primero len-

ta y gradualmente, y se aumenta despues el fuego hasta que se funda completamente la mezcla. En este momento el agua que proviene de los criaderos hidratados, se halla condensada, y baja hácia la extremidad abierta del tubo, miéntras el mercurio forma un rocío y á veces una nube apénas perceptible cerca del punto donde principia á encorvarse el tubo. Entónces, para recojer mejor el sublimado, se introduce la parte corva un poco mas adentro del hornillo; ó bien ántes que se enfrie el tubo, se lo hace calentar en la llama de una lámpara de alcool, de tal modo que las gotillas de dicho sublimado diseminadas en el interior del tubo, se junten un poco mas hácia el orificio, formando un anillo que se puede alejar de la parte corva, mediante la llama, á la distancia que se cree conveniente. Hecho esto, se corta el tubo con una lima ó un diamante, cerca de dicho anillo; se recoje el sublimado con unas barbas de pluma bien secas, haciendo caer las gotillas en una cápsula de porcelana, y se pesa. Este método es sobre todo muy bueno para ensayar toda clase de minerales cobrizos arsenicales, y sirve no solo para descubrir una media milésima de mercurio, sino tambien para determinar la proporcion de este metal con la misma exactitud que en un ensaye en grande. La forma corva del tubo es indispensable para el ensaye de aquellos minerales cuyo criadero es hidratado, porque en un tubo recto, el agua que se condensa, volviendo á caer despues en la parte mas caliente del tubo, donde se condensan los vapores mercuriales, rompe muchas veces el vidrio, ó produce proyecciones, que hacen subir y esparcirse en el interior del tubo el polvo del mineral.

3.° Se echa el polvo de la materia que se quiere ensayar, sobre algun ladrillo ó cualquier otro cuerpo, calentado hasta el color rojo; y se coloca arriba, lo mas cerca posible, una lámina de oro bien pulida: si hay mercurio, la lamina se vuelve blanca al instante. *Oro.*

4.° Smithson pone un pequeño grano de la sustancia que se quiere ensayar, sobre una hoja de oro, echa despues encima del grano una gota de ácido muriatico, é introduce en la misma gota un pequeño pedacito de estaño: en este caso, si hay mercurio, se forma al instante una amalgama de oro sobre la hoja; y lavando despues la hoja, se halla en el lugar mismo que ocupaba la materia, una mancha blanca metalica. *Oro y estaño.*

Preparacion.—Se ha observado que el mercurio destilado casi

nunca es puro, porque volatilizandose, arrastra consigo cierta cantidad de diversos metales. Esta cantidad es muy pequeña, y puede ser despreciada sin error sensible, si no se trata de otra cosa mas que de determinar la cantidad de mercurio; pero, si se quiere tener el metal en estado de pureza perfecta, es menester someterlo á diversas operaciones despues que se ha destilado. Con respecto á los metales amalgamados, se puede emplear uno de los medios siguientes:

Aire. 1.° El primero es debido á Priestley: consiste en poner cierto volúmen de mercurio en un frasco cuya capacidad sea cuatro veces mayor que este volumen de mercurio; se tapa el frasco, y se ajita durante algunos instantes. Despues de veinte ó treinta vueltas se destapa el frasco, y se renueva el aire de su interior, mediante un fuelle; se lo vuelve á tapar otra vez, y se ajita: entónces empieza á formarse en la superficie del metal, un polvo negro, que se puede separar trastornando el frasco, destapandolo, y dejando correr el mercurio por el orificio que se tiene medio tapado con el dedo. Se repiten estas operaciones hasta que ya cese de formarse este polvo negro: el mercurio entónces queda puro; y si se lo ajita en este estado, produce un sonido claro, miéntras que, cuando contiene plomo, suena en el frasco como si fuese arcilla.

Acido nítrico. 2.° Se pone en un frasco el mercurio con un poco de nitrato de mercurio ó una pequeña cantidad de ácido nítrico débil; se ajita todo fuertemente durante un minuto ó dos; y en seguida se separan por medio de un lavado las partes solubles, así como el polvo amarillo que se ha formado.

Acido sulfúrico. 3.° Se llena de mercurio una cazuela hasta media pulgada del borde; se anade allí una cantidad de ácido sulfúrico desleido en dos veces su peso de agua; se deja todo en este estado durante una semana ó dos á la temperatura ordinaria, teniendo cuidado de revolver frecuentemente la materia; se separa despues el metal del óxido, y se lava. El ácido sulfúrico obra mas pronto, si se anade un poco de sulfato de mercurio.

Cloruros. Karsten ha reconocido que se separan completamente del mercurio el cobre, el plomo, el estaño el bismuto, el arsénico &c., ajitando estas mezclas con una disolucion de deuto-cloruro de hierro, de cobre ó de mercurio: en esta operacion los deuto-cloruros pasan al estado de proto-cloruros, miéntras los metales amalgamados se trasfor-

man en cloruros, ántes que el cloro empieze á atacar al mercurio.

Si se emplease un exceso de deuto-cloruro, y la accion fuese prolongada, una parte del mercurio seria tambien convertida en proto-cloruro, y se perderia en el lavado.

Modo de limpiar el mercurio.

El mercurio aun purificado se cubre frecuentemente de una película, que se compone de diversas materias pulverulentas. Es fácil separar estas materias estrañas, echando el mercurio en un frasco con azúcar molida, un poco humedecida, ajitandolo fuertemente en este frasco, y haciendo pasar despues el líquido por un embudo de papel : en este caso todo lo impuro se une al azúcar, y queda pegado al papel del embudo.

CAPITULO 11.

HIERRO.

Seccion 1.ª

Minerales.

El hierro se halla en todos los terrenos, y constituye muchas especies mineralójicas, que se pueden clasificar del modo siguiente:

Hierro metálico	— *el hierro meteórico.*
Minerales oxijenados	1 *el peróxido anhidro,* 2 *el peróxido hidratado,* 3 *el óxido magnético,* 4 *la franklinia.*
Minerales sulfurados y telurados	1 *las piritas amarillas y blancas,* 2 *las piritas magnéticas,* 3 *los sulfatos,* 4 *el telururo.*
Minerales fosforados y arsenicales	1 *los fosfatos,* 2 *el arseniuro,* 3 *el arsenio-súlfuro,* 4 *los arseniatos,* 5 *los arsenio-sulfatos.*
Minerales con sílice	— *los silicatos.*
Minerales carbonatados	1 *el carbonato,* 2 *el oxalato.*
Minerales de ácidos metálicos	1 *los cromatos,* 2 *el tunstato,* 3 *los tantalatos,* 4 *los titanatos.*

Entre estas especies, las que entran en la composicion de los verdaderos *metales* que se benefician por hierro, son las siguientes:

1.° *Peróxido de hierro* (hierro olijistico, hierro espejado, hierro rojo). Se distinguen tres variedades principales: peróxido cristalizado ó *hierro olijístico*, peróxido hojoso ó hierro micáceo (hierro escamoso) y peróxido compacto ó *hematita roja.* Cristaliza en romboedros, en dodecaedros metastáticos, terminados por las caras de un romboedro obtuso, y en prismas de seis caras: los cristales muy abundantes tienen forma de lenteja. Estructura hojosa, granuda, ó

compacta. Por fuera, de color negro de hierro, por dentro, gris de hierro ó gris de acero obscuro, lustre metálico. Su polvo es siempre rojo. Es muchas veces magnético por causa de una pequeña cantidad de óxido magnético con que está mezclado. Es infusible al soplete, soluble en el ácido muriático á la temperatura de la ebullicion. La variedad micácea ú hojosa se halla muy abundante en Chile, y acompaña los mas minerales de oro y los de color de cobre : los mineros la llaman *arenilla, arenilla voladora*, hierrillo. Consta de

hierro	0,6934
oxíjeno	0,3066
	1,0000.

La variedad compacta ó hematita roja tiene muchas veces estructura fibrosa, en fibras diverjentes. La variedad ocrácea *ú ocre rojo* es una mezcla de peróxido y arenilla.

Se halla comunmente en vetas.

2.° *Peróxido hidratado.*—Es todavia mas abundante que el anterior, del cual se distingue primero por el agua que da en el matracito, segundo por el color de su polvo, que es amarillo ó pardo amarillento : sin embargo, es de advertir que muchas veces su polvo es tambien rojizo como él del anterior, por causa de una pequeña cantidad de peróxido anhidro con que está mezclado. Rara vez se halla cristalizado, y aun sus cristales parecen *impropios :* son unos cubos ó cubo-octaedros como los de la pirita ordinaria, ó unos prismas propios de la pirita blanca. Las variedades mas importantes son : (1) *hierro pardo ó hematita parda*, en masas, bulbosa, estalactítica &; estructura fibrosa; por fuera, negra: su polvo pardo cetrino; (2) *hierro pardo lustroso*, lustre de cera, estructura compacta; (3) *hierro arcilloso*, rojo parduzco, sin lustre, estructura terrosa, en capas; (4) *hierro arcilloso granudo*, rojo parduzco, en granos, fragmentos, petrificaciones; su polvo, rojo amarillento; (5) *hierro palustre ;* de color amarillo de ocre ó gris amarillento &c.—Composicion :

	Chile. (1)	Pensilvania. (2)	Longwy. (3)
peróxido de hierro	0,849	0,512	0,851
agua	0,118	0,100	0,122
cuarzo, arcilla &c.	0,033	0,360	0,027
óxido de manganesa		0,028	
	1,000.	1,000.	1,000.

(1) Hidrato cristalizado en cubos imperfectos, embutidos en un criadero compacto cobrizo.

(2) Hidrato compacto de color amarillo, pardo obscuro (Berthier).

(3) Hematita parda (Berthier).

La variedad compacta ó granuda, de color gris de acero por dentro, y negro de hierro por fuera, de estructura á veces hojosa imperfecta, se halla muy á menudo en Chile en vetas muy gruesas ó masas considerables.

3.° *Hierro magnético.* Se halla en masas y granos irregulares, diseminado y cristalizado en octaedros ó dodecaedros; estructura granuda, á veces hojosa, lustre metálico, color gris de hierro; se distingue de los anteriores por su virtud magnética y por el color de su polvo, que es de un pardo obscuro. Consta de

hierro	0,7178
oxíjeno	0,2822
	1,0000.

4.° *Hierro espático* (carbonato de hierro).—Se halla enmasas, diseminado, globoso &c. y critalizado en romboedros un poco mas obtusos que los del espato calizo; estructura hojosa de triple crucero; fractura hojosa y á veces astillosa; color blanco de perla agrisado, gris amarillento &c.; lustre de vidrio que tira á nácar; trasluciente en los bordes ú opaco. No es atacable por el vinagre y con dificultad por los ácidos sulfúrico y muriático, pero sí por el ácido nítrico concentrado y por el agua réjia. Consta de

protóxido de hierro	0,6147
ácido carbónico	0,3853
	1,0000.

Casi siempre se halla mezclado con carbonato de manganesa y carbonatos de magnesia y cal. Se cria comunmente en vetas, y su matriz tiene por lo comun cuarzo, sulfato de barita &c.

Hierro carbonatado compacto ó arcilloso.—Es una variedad del anterior, del cual se distingue por su estructura compacta, terrosa, á veces granuda ú oolítica; se halla comunmente en capas en los mismos terrenos que producen carbon fósil.

Seccion 2.ª

Modos de ensayar.

§ 1.º JENERALIDADES.

Entre las sustancias ferrujinosas, se someten ordinariamente á los ensayes por la *via seca* solo aquellas, en que es posible determinar la ley del hierro rigorosamente, ó á lo ménos muy aproximativamente por este medio. Estas sustancias contienen hierro siempre al estado de óxido, y son ó unas especies minerales que se emplean en grande para estraer el hierro, y por eso se califican de *minerales*, ó bien unos productos de las artes.

Minerales.—Los minerales de hierro que se benefician en grande, son los siguientes :

1.º *Hierro oxidado magnético.*—Se halla muchas veces puro ; pero contiene algunas veces una cantidad notable de óxido de títano. Sus criaderos son el cuarzo, la esteatita y el gneis.

2.º *El hierro oxidado magnético titánico.*—Contiene en combinacion el óxido de titano y el protóxido de manganesa. Sus criaderos son los mismos que los del hierro oxidado magnético, y ademas las rocas basálticas y las arenas que contienen las piedras jemas y un gran número de piedras diversas.

3.º *El hierro olijístico.*—Se halla siempre puro. Sus criaderos son los mismos que los del hierro oxidado magnético.

4.º *La franklinita.*—Contiene en combinacion óxido de zinc y deutóxido de manganesa. Sus criaderos son el cuarzo, el granate &c. y las rocas primitivas.

5.º *El hierro oxidado y el hierro hidratado compactos ó hemátites.*—Pueden contener deutóxido y peróxido de manganesa, ácido fosfórico y ácido arsénico. Sus criaderos son el cuarzo, las rocas primitivas, la cal arcillosa, y las arcillas arenosas.

6.º *El hierro oxidado y el hierro oxidado hidratado.*—Muchas veces oolíticos, de los terrenos calcáreos. Pueden contener deutóxido y peróxido de manganesa, ácido fosfórico, arcilla, carbonato y silicato de hierro, carbonato y silicato de zinc. Su criadero es la caliza oolítica pura ó la caliza compacta arcillosa.

7.° *El hierro oxidado y el hierro hidratado llamados de alluvion* ó de los terrenos de acarreo : son muy frecuentemente oolíticos.–Pueden contener deutóxido y peróxido de manganesa, ácido fosfórico, arcilla, silicatos de hierro magnéticos, hierro titánico é hidrato de alumina. Sus criaderos son las arcillas arenosas y el cuarzo.

8.° *El carbonato espático.*—Puede contener carbonato de manganesa y carbonato de magnesia, algunas pero raras veces, carbonato de cal : nunca contiene ácido fosfórico ni arsénico. Sus criaderos son el cuarzo, el gneis, las rocas talcosas.

9.° *El hierro carbonatado compacto.* –Puede contener carbonato de magnesia, carbonato de cal, ácido fosférico, arcilla, betun. Sus criaderos son las areniscas hulleras, las arcillas esquitosas, la hulla y las calizas compactas y arcillosas.

10.° *Los granates.*—Ademas de la sílice pueden contener cal, magnesia, óxido de manganesa y de alumina. Tienen por criadero las rocas primitivas.

11.° *La chamoisia y los alumino-silicatos análogos.*—Ademas de la sílice y alumina, pueden contener cal, magnesia y un álcali. Los criaderos son las rocas primitivas y las calcáreas arcillosas.

Carbonatos y silicatos multíplices.—Se encuentra en la naturaleza una variedad infinita de carbonatos con base de cal, de magnesia, de manganesa y de hierro.

Productos de las artes.—Los productos de las artes son : 1.° las escorias que contienen muy poco hierro ; 2.° las escorias de forjas catalanas y las escorias de refinadura de cualquiera especie, que son todas muy ricas.

Hornos.—Los ensayes de hierro exijen una temperatura de cerca de 140° á 150° p. ; y por esto se hacen en unos hornos de viento que tiren bien, ó en una forja provista de un buen fuelle.

Clasificacion.—Para que un ensaye se acierte, es menester no solamente que el hierro pueda fundirse, sino tambien que todas las sustancias con las cuales se halla mezclado ó combinado, puedan formar entre sí una combinacion fusible. Esta última condicion exije muchas veces que se añada un flujo á la materia ferrujinosa cuyo ensaye se quiere hacer. La naturaleza del flujo que se debe emplear, depende de la naturaleza de la materia que es menester fundir. Bajo este respecto, los minerales de hierro se pueden dividir en cinco clases.

1.ª *Clase.—Materias ferrujinosas casi puras:* hierro oxidado magnético, hierro olijístico, hierro oxidado y hierro hidratado compactos ó hematítes.

2.ª *Clase.—Materias ferrujinosas mezcladas con cuarzo que no contienen nada ó casi nada de otras sustancias:* hierro oxidado magnético, hierro olijístico, hierro oxidado é hidratado compactos ó hematites, algunos minerales de alluvion

3.ª *Clase.—Materias ferrujinosas que contienen sílice y diversas bases, pero no contienen nada ó casi noda de cal:* la mayor parte de los minerales oxidados ó hidratados llamados de alluvion, y la mayor parte de los minerales carbonatados compactos, que están unos y otros mezclados con arcilla; los minerales oxidados é hidratados, que tienen por criadero las rocas primitivas; los hierros espáticos mezclados con cuarzo, y que contienen siempre magnesia ú óxido de manganesa; algunos granates; las escorias de refinadura y la mayor parte de las escorias ferrujinosas, que provienen de la fundicion de los minerales de cobre, plomo y estaño.

4.ª *Clase.—Materias ferrujinosas que contienen una ó muchas bases*, tales como la cal, magnesia, alumina, óxido de manganesa, óxido de titano, de tántalo, de cromo ó de tunsteno, pero que no contienen nada, ó contienen poco de sílice: tales son los minerales oxidados é hidratados pobres del terreno oolítico, que se hallan casi siempre mezclados con una grande cantidad de carbonato de cal; algunas variedades de carbonato de hierro compacto, que están en el mismo caso; los hierros espáticos sin criadero, que contienen siempre magnesia ó manganesa; algunas variedades de hierro oxidado é hidratado de alluvion, que tienen por criadero hidrato de alumina &c.

5.ª *Clase.—Materias ferrujinosas que contienen sílice, cal y otra base, y que son fusibles por sí mismas*, como son muchos minerales oxidados é hidratados de los terrenos calcáreos; los hidro-silicatos; algunos granates; la mayor parte de las escorias, que provienen de las forjas catalanas; las escorias de los *hornos altos* y de los hornos de *Wilkinson* y algunas escorias que provienen de la fundicion de los minerales de cobre, plomo y estaño.

Modo de operar.—Antes de indicar los diversos flujos que se pueden emplear para cada una de estas clases, se van á indicar los mo-

dos de hacer los ensayes de hierro en jeneral, y las consecuencias útiles que se pueden sacar del resultado de estos ensayes.

Crisoles. Para ensayar las materias ferujinosas, se pueden emplear crisoles de tierra ó de plombajina, sin carbon ó guarnecidos de brasca. El hierro colado no adhiere á los crisoles de tierra; pero las escorias adhieren á ellos fuertemente, y no es posible pesarlas. En los crisoles de plombajina el hierro colado no adhiere jamas, las escorias se separan casi siempre limpias; pero, como durante la fusion se disuelve en las escorias una parte de la materia arcillosa del crisol, no se puede saber con exactitud el peso de ellas.

Cuando se opera en crisoles sin brasca, conviene necesariamente añadir á la materia ferrujinosa una cierta cantidad de carbon, para reducir el óxido de hierro; y es menester añadir un exceso de carbon, porque una parte de este combustible se quema siempre por el aire que penetra los crisoles: ahora, si se pone demasiado carbon, resulta que el sobrante del residuo, diseminado en la materia fundida, impide que, concluida la reduccion, el hierro colado se una en una sola esferilla. Los crisoles sin brasca no necesitan por otra parte tanto fuego como los de brasca, porque esta sostiene las paredes en el momento en que principian á ablandarse. En fin, haciendo uso de los crisoles de brasca, no es necesario añadir reactivo alguno á la materia ferrujinosa: se recoje y se pesa el residuo entero, por causa de que este nunca adhiere al carbon; como al mismo tiempo, ninguna sustancia estraña puede introducirse en la escoria, esta se compone solo de las materias que habian estado mezcladas con el óxido de hierro y el flujo que se habia añadido. Por estas razones, conviene que no se empleen para los ensayes de hierro otros crisoles que los de brasca.

Preparacion del ensaye. Molida la materia ferrujinosa y pasada por el tamiz de seda, se toma un peso determinado de ella, que se coloca en una hoja de papel barnizado ó en una pequeña cápsula de porcelana ó de vidrio; luego se pesa el flujo, y se lo mezcla muy exactamente con la materia ferrujinosa por medio de una espátula. Se introduce todo en el crisol, haciendo de modo, que ningun polvo se escape en el aire; se aprieta la materia con un majadero de ágata ó de porcelana; se iguala la superficie, que debe ser un poco convexa; se hacen caer al fondo del crisol las partículas que pueden haberse detenido en las paredes;

y se llena en fin el crisol con la brasca. Se coloca entónces el crisol en un apoyo; se adapta la tapa, que se pega al crisol mediante una arcilla refractaria; y luego se introduce todo en el horno.

Fusion. Se deja el fuego encenderse por sí solo durante una hora; se da despues gradualmente el viento por una hora á cinco cuartos de hora; se retiran los crisoles; se los deja enfriar; y quebrandolos, se retira la masa fundida, que consta de hierro colado y escoria.

Peso. Se pesa primero el residuo entero; en seguida, golpeando ligeramente con un martillo, se separa facilmente el hierro colado; pero casi siempre la escoria, aun cuando está perfectamente fundida, presenta en su superficie granallas de hierro colado, que se hallan muchas veces en gran número, y cuyo peso por otra parte no se puede despreciar. Muy fácil es recojer estas granallas; y para eso se quebranta groseramente la escoria; se escojen los pedazos que no contienen granalla; se reduce el resto á polvo; y pasando por este polvo una barrita magnética, se estraen de él todos los granos de hierro colado: á esto se junta el boton de hierro colado, se pesa; y separando el peso de hierro del residuo total, se saca el peso exacto de la escoria por diferencia.

En el proceso verbal de ensaye que se hace, es menester notar con cuidado el aspecto del residuo total, y describir separadamente los caracteres de la escoria y del hierro colado, porque eso da indicios sobre la naturaleza de las sustancias contenidas en la materia ferrujinosa sometida al ensaye.

Exámen de la escoria. Se debe examinar si la escoria es compacta, vítrea, esmaltada ó pedregosa, trasparente, trasluciente ú opaca; si presenta indicios de cristalizacion; cual es su color por reflexion ó por refraccion en las hojuelas delgadas, ó si presenta variedades de color, que indiquen la poca homojeneidad de la materia. En cuanto al hierro colado, conviene quebrar el boton para reconocer su tenacidad, ó para examinar su grano. Muchas veces esto es muy difícil: sin embargo, se consigue siempre, envolviendo el residuo en una hoja de hierro, colocandolo en un yunque, y golpeando encima con un martillo. Los hierros colados de muy buena calidad se aplastan siempre un poco ántes de romperse, son de color gris ó blanco gris, de grano fino ó mediano. Los hierros colados de muy mala calidad se quiebran facilmente sin cambiar su forma; y aun los hay, que pueden pulverizar-

Exámen del hierro colado.

se; son muy cristalinos en la superficie, blancos, lamelosos y muchas veces llenos de cavidades cubiertas de cristales. Pero, entre estos dos extremos hay una multitud de calidades diversas sobre las cuales los caracteres exteriores no dan sino indicios mas ó ménos probables.

Modo analítico de operar.—Haciendo el ensaye por el proceder que se acaba de describir, no tenemos ningun medio para asegurarnos de que no ha habido pérdida accidental; y no podemos contar con la exactitud del resultado sino cuando se ha verificado por otro ensaye semejante. Pero se puede, sometiendo la materia ferrujinosa á algunas operaciones muy sencillas ántes de fundirla, dispensarse de hacer un doble ensaye, y ademas obtener sobre la naturaleza de la materia conocimientos esenciales, y de tal modo precisos, que equivalgan casi á una analísis por la via húmeda. Estas operaciones se reducen á una calcinacion con el contacto ó sin el contacto del aire, para hacer salir las sustancias volátiles ó combustibles, y á un tratamiento por los ácidos, para determinar la dósis de las materias insolubles y, por diferencia, de las que se disuelven.

Calcinacion.

Se calcinan sin contacto del aire los hidratos para determinar el agua, y todos los minerales que contienen óxidos de manganesa, para trasformar este metal al estado de óxido rojo, que es fijo y conocido. Se calcinan sin contacto del aire, y despues se tuestan los carbonatos y los minerales que, como los que provienen de los terrenos de hulla, se hallan mezclados con materias combustibles. Se calcinan con contacto del aire las escorias, que se hallan mezcladas con restos de carbon. La simple calcinacion, sin contacto del aire, basta para descomponer los carbonatos; pero el residuo contiene protóxido y peróxido en proporciones desconocidas y variables; y por esto es menester calcinarlo despues con el contacto del aire, para convertir la totalidad del hierro al estado de peróxido.

Operacion por el ácido acético.

Los minerales que tienen por criadero la cal pura ó magnesiana, se tratan por el ácido acético ó por el ácido nítrico débil, sin el auxilio del calor. Estos ácidos disuelven los dos carbonatos térreos sin atacar la arcilla, las piedras, ni los óxidos de hierro. Despues de haber lavado el residuo, se seca, se pesa; y se calcula la proporcion de los carbonatos disueltos, por diferencia.

Operacion por el ácido muriático.

Se hacen hervir con ácido muriático ó, lo que es preferible, con agua réjia todos los minerales, que contienen alguna sustancia in-

soluble en los ácidos, como es el cuarzo y la arcilla. Se determina la cantidad de estas sustancias por el residuo que queda; y de su peso se deduce la proporcion de flujo que se ha de agregar para hacer el ensaye, como se verá mas adelante. Se advierte que las arcillas no son absolutamente inatacables por el ácido muriático, y que este ácido les quita siempre una cierta cantidad de alumina, y tanto mayor cuanto mayor es la proporcion de esta tierra en las arcillas. Se hacen hervir los minerales titánicos en el ácido sulfúrico concentrado, despues de haberlos pulverizado; por este medio se disuelve el hierro, el títano, la manganesa, miéntras que las piedras que constituyen el criadero, y resisten casi todas á la accion del ácido, quedan en el residuo; y por el peso de este residuo se determina la proporcion del flujo que se necesita.

Operacion por el ácido sulfúrico.

Verificadas todas estas operaciones preliminares, ya se conoce la proporcion de las sustancias volátiles y de las que son solubles en el ácido acético, como tambien de las sustancias insolubles sea en el ácido muriático, sea en el ácido sulfúrico, contenidas en la materia que se ensaya. Se añade entónces el flujo conveniente, y se procede á la fundicion. Hay varios flujos que sirven para ensayar los minerales de hierro; pero, si se quiere despues verificar la exactitud del ensaye, y sacar de los resultados todo lo que puede dar indicaciones útiles á los fundidores, es indispensable emplear un flujo fijo, ó que contenga una proporcion rigorosamente determinada de sustancias volátiles. En este último caso, se debe saber esta proporcion con toda la exactitud posible, sometiendo de antemano el flujo á una fuerte calcinacion: esto es lo que se debe hacer, por ejemplo, cuando se emplea el carbonato de cal puro ó mezclado con carbonato de magnesia.

Flujo.

Sea ahora A el peso de la materia ferrujinosa no calcinada ó cruda; B el peso de la misma materia calcinada; C el peso de los flujos C' C'' &c. crudos; D el peso de los mismos flujos calcinados; P el peso de la materia insoluble en el ácido muriatico ó en el ácido sulfúrico; R el peso de las materias fijas solubles en el ácido acético, peso que se conoce facilmente, cuando se conoce la pérdida que experimenta por la calcinacion, la materia ferrujinosa no tratada por los ácidos, y el residuo del tratamiento de esta materia por el ácido acético; M el peso del residuo del hierro colado y de las grana-

Cuadro de los resultados.

llas ; S el peso de la escoria ; O la pérdida de peso en el ensaye, que representa la cantidad de oxíjeno desprendida por la reduccion. He aquí como deben disponerse todos estos datos, para que con una mirada se puedan comprender todos los resultados útiles de un ensaye. Se ha sometido al ensaye

	A mineral crudo = mineral calcinado		B
	Se ha añadido C flujo crudo = materias fijas		D
	Total de las materias fijas		B+D
Se ha obtenido	hierro colado M escoria S	Total	M+S
		Pérdida	O.

Flujos añadidos	D
Materias vitrificables	S—D
Materias insolubles en el ácido muriático	T
Materias solubles en el ácido muriático	S—D—T
Materias solubles en el ácido acético	R
Materias insolubles en el ácido acético y solubles en el ácido muriático	S—D—T—R.

Cuando el hierro contenido en la materia que se ensaya, está á un grado conocido de oxidacion, y cuando esta materia no contiene sino muy pequeña cantidad de manganesa, la cantidad de oxíjeno O debe corresponder casi á la cantidad de hierro colado M ; y si esto se verifica, uno debe estar seguro de que el ensaye es exacto. No conviene por lo tanto esperar una correspondencia rigorosa, porque el hierro colado no es hierro puro, y contiene siempre carbon : tambien se halla que en los ensayes ordinarios el peróxido de hierro no pierde sino 0,29 á 0,30 de oxíjeno. Sin embargo, por otra parte la cantidad de oxíjeno de hierro, que queda en las escorias, compensa en parte el carbon combinado con el hierro colado ; pero, cuando el ensaye ha sido hecho con un flujo conveniente, la cantidad de este óxido es muy pequeña, y no llega sino á 1 por ciento del peso de

la escoria. Cuando el hierro no está á un grado conocido de oxidacion, la pérdida O que se produce en el ensaye, hace conocer este grado, si por otra parte el ensaye ha sido hecho sin accidente ; pero, si hubiese alguna duda, ó se considerase como de grande importancia el resultado, seria preciso volver á principiar el ensaye para verificar los resultados del primero.

Influjo de la manganesa.

Cuando la materia ferrujinosa contiene manganesa, si este metal está al estado de protóxido, como en la mayor parte de los productos del arte, las verificaciones que acabamos de indicar, pueden todavia hacerse sin modificacion, porque la manganesa disuelta en las escorias, se halla tambien al mínimun de oxidacion ; y empleando una proporcion de flujo suficiente, no se reduce sino una cantidad insignificante de este metal. Pero, cuando la manganesa está al estado de óxido rojo, abandona cierta cantidad de oxíjeno, volviendo al mínimun de oxidacion ; y esta cantidad se halla comprendida en la pérdida O ; entónces no se puede hacer verificacion de los resultados por el cálculo como ántes. No obstante eso, la diferencia entre la pérdida O y la cantidad de oxíjeno, que corresponde al peso del hierro colado, no puede ser muy grande, porque el óxido rojo de manganesa no pierde sino 0,68 de oxíjeno para trasformarse en protóxido.

Influjo del titano.

El ácido titánico se porta en los ensayes de hierro absolutamente como los óxidos de manganesa ; emite, cuando mas, 0,06 de oxíjeno, disolviendose en presencia del carbon en los vidrios térreos. Puede suceder que un ensaye no se funda, ó se funda imperfectamente por dos causas : 1.ª porque el calor no ha sido bastante fuerte, ó no se ha prolongado suficientemente ; 2.ª porque los flujos no habian sido empleados en proporcion conveniente, ó no eran capaces por su naturaleza de formar un compuesto fusible con las sustancias mezcladas con el óxido de hierro. En uno y otro caso el óxido de hierro se halla completamente reducido ; y si el ensaye se ha hecho con cuidado, la pérdida de oxíjeno da á conocer la proporcion de hierro de un modo muy aproximativo, y casi siempre aun con una exactitud que sorprende á los que no están acostumbrados á estas especies de manipulaciones.

Ensaye no fundido.

Los residuos de los ensayes que no están enteramente fundidos, son grises y de un aspecto homojéneo ; se aplastan con el martillo,

y toman el brillo metálico con la frotacion de la lima; desarrollan gas hidrójeno, si se ponen en contacto con el ácido muriático: el hierro se halla en ellos diseminado en partículas imperceptibles. En los residuos imperfectamente fundidos, el hierro colado se halla diseminado en granallas en toda la masa de la escoria, ó bien forma un residuo poroso penetrado de escoria, sin que sea posible separar exactamente la parte metálica. Algunas veces, no hay aun aglomeracion; y la mezcla sometida al ensaye, no forma sino un polvo gris metálico: en este caso, no se puede sacar ninguna utilidad del ensaye, porque es imposible recojer la materia sin pérdida, aun lavando la mezcla con el mayor cuidado.

Los ensayes se hacen ordinariamente con 10 á 20 gramos (200 á 400 granos) de materia ferrujinosa; pero se puede obtener un resultado exacto, aun operando sobre 5 gramos; y no es imposible obtener tambien una fusion completa en los hornos que se usan comunmente para esta clase de ensayes, empleando hasta 50 gramos de materia. En efecto, puede ser útil operar sobre una gran cantidad de materia, cuando se quiere someter el hierro colado á algunas experiencias para conocer su calidad, ó cuando se quiere trasformarlo en hierro batido.

Influjo de la sílice.

En jeneral, en cualquier estado de combinacion que se halle el óxido de hierro, se reduce completamente por cementacion: solamente la reduccion exije un tiempo tanto mas largo, y una temperatura tanto mas elevada, cuanto mas fuerte es la afinidad con que lo retienen otros elementos en estado de combinacion. En dos pedazos del mismo volúmen, uno de óxido de hierro puro ó mezclado con arcilla, y otro de silicato de hierro (escoria de refinacion), calentados á la misma temperatura en contacto del carbon, la reduccion no se verifica en un mismo tiempo, y siempre se concluye mas pronto en el óxido puro que en el silicato.

Flujos jenerales.—Cualquiera que sea la naturaleza de una materia ferrujinosa, se puede siempre determinar su fundicion por medio del borax: las mas pobres se funden con la adicion de 0,20 á 0,30 de este flujo; y para las materias ricas 0,5 á 0,10 bastan.

Por consiguiente, cuando se quiere determinar prontamente la riqueza de un mineral, conviene emplear este flujo; pero, como es volátil, no podemos verificar la exactitud de los resultados. El borax

tiene por otra parte el inconveniente de comunicar al hierro colado caracteres diferentes de los que hubiese tenido, si se hubiera hecho el ensaye con flujos semejantes á los que se emplean en grande en los hornos altos; de suerte que no se puede deducir nada de los resultados del ensaye sobre las calidades del hierro colado que se saca en grande. Este efecto parece provenir de que el hierro colado obtenido en presencia del borax, contiene siempre una pequeña cantidad de boro.

El ácido bórico es un flujo jeneral para las materias ferrujinosas como el borax; pero es ménos cómodo, porque es demasiado volátil; y por esto no se emplea casi nunca. Se puede ensayar un mineral de hierro, y estar casi seguro de que se fundirá, añadiendo vidrio blanco ó vidrio térreo (silicato de cal y de alumina); pero estos flujos deben emplearse en proporciones considerables, cerca de una parte para las materias ricas, y doble para las materias pobres. Cuando se emplea vidrio blanco, se volatiliza siempre una cierta porcion del álcali que contiene, sobre todo, si la materia ferrujinosa contiene poca sílice y una cantidad considerable de bases fijas: entónces no se puede por la pérdida del peso, verificar de un modo rigoroso la exactitud del ensaye. Pero tenemos la ventaja de poder hacer esta verificacion, cuando se hace uso de vidrios térreos. Estos vidrios siendo ménos fusibles que el vidrio blanco, es menester emplear una proporcion mas considerable de ellos para la misma materia ferrujinosa: y como el empleo de una gran cantidad de flujo es siempre incómodo, porque necesita grandes crisoles, y de otro modo seria menester operar sobre una pequeña cantidad de materia, conviene examinar atentamente la sustancia que se ensaya, para reconocer lo mejor que se pueda, su ley y su naturaleza, mediante sus caracteres físicos, y por estos conocimientos adquiridos escojer el vidrio terroso que se juzgue mas propio para determinar la fundicion, evitando emplear una cantidad supérflua de este vidrio. Para las materias que contienen mucha sílice, se tomará el vidrio básico C^2AS^3 (páj. 31): para las materias terrosas no calcáreas se tomará el mismo vidrio con exceso de cal; y en fin para las materias que contienen poca sílice y mucha cal, se tomará un vidrio saturado de sílice, que contenga poca cal, CAS^6. Ademas de los flujos de que se acaba de hablar, se emplean todavia en los ensayes de hierro los flujos que

se van á citar; y aun algunos de estos son los que se emplean mas á menudo; pero no son jenerales, y cada uno de ellos no puede emplearse sino en un cierto número de casos particulares. Estos flujos son:

1.º El carbonato de sosa,
2.º El carbonato de cal,
3.º La dolomia,
4.º La alumina,
5.º La arcilla blanca,
6.º El cuarzo,
7.º Algunas veces el espato fluor.

§ 2.º APLICACIONES Y EMPLEO DE LOS FLUJOS.

(A) *Materias de la primera clase.*

Se pueden ensayar las materias de esta clase que contienen hierro, y son casi puras, sin agregar ningun flujo, porque las mas veces las materias estrañas, que se hallan en muy corta cantidad en ellas, son fusibles: sin embargo, es mejor agregar un flujo, y así estamos siempre mas seguros del buen éxito del ensaye, porque la escoria sirve para reunir en una sola esferilla todas las granallas de hierro colado, de las que algunas pudieran diseminarse en la brasca. El mejor flujo para esto es un silicato térreo fusible.

Ejemplos:

Hematita amarilla de Longwy.

10gr. mineral crudo = mineral calcinado		8,78
1 borax — —		1,00
		9,78
han producido hierro colado	6,15 } todo	6,95.
escoria	0,80 }	

Mineral magnético de la Plata.

10gr. mineral crudo = mineral calcinado		10,00
2 vidrio térreo —		2,00
		12,00
han producido hierro colado	7,20 } total	9,30
escoria	2,10 }	
	oxijeno	2,70
flujo añadido	2,10	
materias estrañas	0,10.	

El hierro colado era gris y semidúctil; la escoria, vítrea, sin color, trasparente, sin indicio de titano.

(B) *Materias de la segunda clase.*

Para fundir las materias cargadas de sílice, que constituyen esta clase, se pueden emplear el carbonato de sosa, una mezcla de carbonato de cal y de alumina ó arcilla, ó bien una mezcla de carbonato de cal y de dolomia.

Ejemplos.

Hierro olijisto de la Roche-Bernard.

10gr. mineral crudo = mineral calcinado		10,00
1,5 carbonato de cal = cal		0,85
6gr dolomia	cal	1,84
	magnesia	1,20
		13,98
han producido hierro colado 4,10		12,03
escoria 7,93		
	oxíjeno	1,95
flujos añadidos 3,98		
materias vitrificables 3,95.		

Mineral magnético de Villefranche.

10gr. mineral crudo = mineral calcinado		10,00
1,5 carbonato de sosa = fundido		1,50
		11,50
han producido hierro colado 6,10	todo	8,10
escoria 2,00		
	pérdida	3,40.

Se ve que se han volatilizado los dos tercios de carbonato de sosa.

(C) *Materias de la tercera clase.*

Los minerales de hierro que pertenecen á esta clase, son los mas comunes en la naturaleza. Todos se funden muy bien, agregando una proporcion de cal comprendida entre la mitad y las tres cuartas partes del peso de las materias mezcladas con el óxido de hierro. Se puede tambien ensayarlos con el carbonato de sosa; pero entónces no podemos verificar la exactitud de la operacion.

Ejemplos.

Mineral hidratado compacto de Ernée (Francia).—Este mineral pierde por calcinacion 0,106 de agua, y deja en el ácido muriatico 0,066 de cuarzo ó de arcilla.

10gr. mineral crudo = mineral calcinado 8,94
0,44 carbonato de cal = cal 0,24

9,18

han producido hierro colado 5,81 } 6,76
escoria 0,95 }

oxíjeno 2,42
flujo añadido 0,24

materias vitrificables 0,71
materias insolubles 0,66

materias solubles 0,05 (alumina).

Otro mineral hidratado en granos redondos de color pardo amarillento, con mucho óxido de manganesa.

Pierde por calcinacion 0,166,
deja en el ácido muriático 0,435,
10gr. mineral crudo = mineral calcinado 8,34
3 carbonato de cal = cal 1,68

10,02

han producido hierro colado 1,55 } total 9,39
escoria 7,84 }

oxijeno 0,63.

(D) *Materias de la cuarta clase.*

Para ensayar las materias que no pueden fundirse por falta de una cantidad suficiente de sílice, tenemos que agregar una cierta proporcion de cuarzo en polvo; pero, es casi siempre necesario agregar al mismo tiempo sea cal, sea otra base y á veces dos bases á un mismo tiempo. Los hierros espáticos, que contienen mucha manganesa, se funden muy bien con adicion de cuarzo solo: los que al contrario contienen mucha magnesia, necesitan al mismo tiempo cierta cantidad de cal. Cuando los hierros espáticos se hallan mezclados con algun criadero pedregoso, se determina la proporcion de este, atacando el mineral por el agua réjia; y se añade tanto ménos sílice cuanto mas cuarzo hay en el criadero: en cuanto al carbonato de cal, conviene emplear de este flujo un peso igual al peso del criadero y del cuarzo añadido. Los minerales que contienen mucha alumina, necesitan una mezcla de sílice y de cal: los hierros titánicos se funden mejor, agregando un poco de alumina ó de magnesia al mismo tiempo que se añaden cal y sílice. En fin, los minerales muy

cargados de cal, se funden á veces muy bien, añadiendo solo sílice, porque contienen casi siempre cierta cantidad de alumina ó de cualquiera otra base.

Hierro espático:—pierde por calcinacion 0,345 — *Ejemplos.*

10gr. mineral crudo = mineral calcinado	6,55
1 cuarzo en polvo	1,00
	7,55
han producido 4,00 hierro colado; 1,86 escoria	5,86
oxíjeno	1,69

Hierro titánico.

10gr. mineral crudo = mineral calcinado	10,00
15 arcilla blanca	15,00
10 carbonato de cal = cal	5,60
	30,60
han producido hierro colado 2,50; escoria 27,20 — total	29,70
oxíjeno	0,90.

(E) *Materias de la quinta clase.*

Siendo estas materias fusibles por sí solas, se ensayan sin adicion de algun reactivo.—He aquí algunos ejemplos:

Mineral hidratado de las inmediaciones de Longwy.—De color pardo de ocre, compacto ó poroso, mezclado con fragmentos de piedra caliza.

Pierde por calcinacion 0,196 de agua y ácido carbónico.
El acido acético le quita 0,148 de carbonato de cal;
Deja en el acido muriático 0,145 de arcilla.

10 gr. mineral crudo = mineral calcinado	8,04
han producido hierro colado 4,20; escoria 2,20 — total	6,40
oxíjeno	1,64.
materias insolubles	1,45
materias solubles	0,75.

Granate de Framont.

10 gr. mineral crudo = mineral calcinado	9,50
han producido hierro colado 1,82; escoria 6,92 — total	8,74
oxíjeno	0,76.

CAPITULO 12.

ESTAÑO.

SECCION 1.ª

Minerales y productos de las artes.

Las únicas especies minerales que contienen estaño, son *el óxido* y el súlfuro; mas el súlfuro es tan raro, que se considera como mineral de cobre, y no se beneficia por estaño.

El óxido se encuentra en vetas, guias y las mas veces en partículas muy finas diseminadas en el granito ú otras rocas primitivas: tambien se encuentra en arena y terrenos de alluvion que provienen de la destruccion del terreno primitivo. Se halla acompañado con las piritas arsenicales, súlfuro de molibdeno y con el tunstato de hierro (wolfran).

El óxido nativo es de color pardo rojizo, pardo de pelo, á veces negro, gris amarillento, verdoso &c.; algunas veces trasluciente, pero las mas veces opaco. Es duro, agrio; fractura concoidea, estructura compacta ó granuda: su polvo blanco ó parduzco. Su peso esp. 6,5 á 6,7 ó 6,96. Cristaliza en prismas rectos cuadrados. Al soplete, sin adicion, es infusible; sobre el carbon, se reduce completamente, cuando es puro: la reduccion se hace mas fácil añadiendo sosa, y todavia mas fácil, agregando al mismo tiempo un poco de borax. En el borax se disuelve muy lentamente y en corta porcion en vidrio trasparente, que se mantiene lo mismo despues de frio: cuando tiene tántalo, este vidrio se pone *opaco al arder* (páj. 73). En la sal de fósforo, se disuelve tambien poco y lentamente. Es muy raro encontrar el óxido de estaño perfectamente puro; y casi siempre está mezclado con peróxido de hierro, óxido de manganesa y óxido de tántalo. No es atacable por los acidos. Consta de

estaño	0,7867
oxijeno	0,2133
	1,0000.

Las minas mas considerables de estaño se hallan en Cornuallis en Inglaterra y en la peninsula de Malaca en Asia; se ha encontrado tam-

bien óxido de estaño en Guanajuato en Méjico, y en el Perú.

El estaño de lavadero es estalactítico, en piedras rodadas, en bolas y riñones ; su superficie poco lustrosa ; estructura fibrosa en fibras muy sútiles, rectas y diverjentes, y pasa á compacta y astillosa : él de Guanajuato tiene 5 por ciento de óxido de hierro.

Productos de las artes.

Estaño del comercio.—El estaño de Banca y Malaca y él de primera calidad de Inglaterra es perfectamente puro : el estaño ordinario contiene un poco de cobre, plomo y casi siempre un poco de arsénico.

Minerales lavados.—Los minerales de estaño se muelen, y se someten al lavado ántes de fundirlos; y como el óxido es muy pesado, casi no se pierde nada en esta operacion : mas, la parte lavada contiene siempre una porcion de pirita arsenical, de wolfran &c. , y no produce mas que 40 á 50, á veces 75 por ciento de estaño.

Escorias.—Las escorias que provienen de la fundicion de los minerales de estaño en los hornos de manga, contienen á veces hasta 30 por ciento de estaño.

SECCION 2.ª

Modos de ensayar.

Las materias estañíferas que se ensayan por la via seca, contienen todas el estaño al estado de óxido : estos son los minerales crudos y las escorias de todas clases. Pero, creemos conveniente ademas dar á conocer los modos de ensayar y analizar las aleaciones mas conocidas.

§ 1.º MATERIAS OXIDADAS.

Aunque el óxido de estaño es completamente reductible por el carbon al calor blanco, tiene tal afinidad con la sílice, que cuando está en presencia de esa sustancia, no se puede reducir al ménos en totalidad, sino á la temperatura mas elevada de los hornos de reverbero : de allí proviene la necesidad de hacer todos los ensayes de estaño, como los de hierro, al calor de 150° p. poco mas ó ménos.

Temperatura baja.—Cuando se calienta una materia estañífera con *Flujo.*

un flujo reductible á la temperatura de 50 á 60° p., se obtiene cierta cantidad de estaño, si la materia es rica; pero queda en la escoria una proporcion de este metal tanto mayor cuanto mas pobre es la materia, y cuanto mas flujo se emplea; de suerte que en un ensaye de esta clase, podria suceder que unos minerales bastante ricos para ser tratados en grande con utilidad, no diesen estaño. Este era sin embargo el procedimiento que empleaba la mayor parte de los antiguos docimasistas: Schlutter fundia las materias estañíferas á la temperatura de los ensayes de plomo con 6 partes de flujo crudo ó 4 p. de flujo negro y ½ p. de resina: Crammer se servia del flujo negro: Bergman empleaba 2 p. de tartrato, 1 p. de flujo negro y ½ p. de resina: otros mezclaban 2 p. de flujo negro con ½ p. de borax y ½ p. de resina, ó 1 p. de borax con 1 p. de pez.

Oxido puro

Berthier ha hecho con este objeto algunos experimentos, cuyos resultados son los siguientes.—El óxido de estaño puro da 0,72 de metal con 4 p. de flujo negro ordinario en un crisol sin brasca, y 0,71 con ½ p. de carbonato de sosa en un crisol de brasca. Se obtiene ménos en los crisoles sin brasca que en los otros, probablemente porque, el álcali del flujo atacando la arcilla del crisol, se forma un silicato que retiene en combinacion una cierta cantidad de estaño.

Minerales ricos.

Un mineral de 0,70 de estaño metálico, da 0,62 de metal con ½ p. de carbonato de sosa en un crisol de brasca; 0,51, con ½ p. de borax vitrificado en un crisol semejante al primero; 0,57, con 4 á 8 p. de flujo negro; 0,60 con 3 p. de tartrato de potasa ó ½ p. de carbonato de sosa y ⅛ de carbon en un crisol ordinario. Como se ve, hay mucha ventaja en emplear un exceso de carbon y la menor proporcion posible de fundiente.

Influjo de la sílice.

Las mezclas siguientes del mismo mineral y de cuarzo en polvo

mineral 10—10—10—10—10

cuarzo 2,5—6,6—10—15—30

calentadas con 4 veces su peso de flujo negro, han producido: la 1.ª 0,52 de estaño; la 2.ª 0,43; la 3.ª 0,28; la 4.ª 0,10, y la 5.ª no ha dado nada. Las escorias por consiguiente retienen $\frac{1}{40}$ á $\frac{1}{60}$ de óxido de estaño, y tanto mas cuanto mas sílice contienen.

Extraccion de estaño puro.

Las escorias que provienen del beneficio de los minerales, no producen nada con el flujo negro. De esto se sigue que este modo de ensayar es muy defectuoso, y que no conviene emplearlo cuando se

quiere determinar la proporcion de estaño; pero pueden servir útilmente, cuando uno se propone solamente extraer de un mineral la mayor parte de estaño puro. Si se opera sobre una gran cantidad de mineral, he aquí como se debe proceder. Se reduce el mineral á polvo fino, se mezcla con cerca de una décima parte de su peso de carbon; y se lo calienta por una hora ó dos, en un crisol de brasca, con un fuerte calor blanco; se transforma entónces el mineral en una masa metálica granuda, arenosa; se muele esta masa y se la funde en un crisol ordinario con la mitad de su peso de carbonato de sosa ó de potasa. Así se obtiene un residuo de estaño puro; y los metales estraños, tales como el hierro, el tungsteno &c., quedan en la escoria con cierta cantidad de óxido de estaño. Un mineral que contenia 0,70 de este metal, ha dado facilmente 0,55 por este medio.

Temperatura alta.—Antes de ensayar un mineral de estaño, se acostumbra someterlo á una operacion preparatoria análoga á la que se hace en grande. La mayor parte de los docimasistas prescriben tostar el mineral, añadiendo el quinto de su peso de carbon, y lavarlo en seguida por decantacion, ajitando el residuo en un vaso alto y estrecho, decantando el agua despues de algunos minutos de reposo, y reiterando esta maniobra hasta que el líquido cese de enturbiarse. Esta operacion tiene por objeto separar las materias piritosas y arsenicales, las cuales podrian unirse con el estaño durante la fusion; pero las mismas sustancias, siendo solubles en el agua réjia, se pueden separar del mineral, haciendolo hervir por algun tiempo con un pequeño exceso de este ácido: se agrega agua, se filtra; y se lava el residuo; despues, se lo hace secar con precaucion en el filtro, se separa la materia, se quema el papel, y se calcina todo para expeler una pequeña cantidad de azufre, que ha quedado libre por la accion del agua réjia. De este modo el mineral se halla completamente purificado sin que se pierda la mas pequeña cantidad de estaño; miéntras lavando, es casi imposible evitar que algunas partículas finas de óxido de estaño se vayan con las materias lijeras que el agua retiene en suspension.

Preparado una vez el mineral sea por fundicion y lavado, sea por la ebullicion con agua réjia, se funde en un crisol de brasca con adicion del flujo conveniente, á la temperatura de 150° p., del

mismo modo como se hacen los ensayes de hierro. El flujo que se ha de agregar, pende de la naturaleza de los crisoles. Hay dos sin embargo que pueden servir para todos los casos; y estos dos flujos son el borax y el carbonato de sosa, empleados en la proporcion de 0,30 á 0,40, cuando mas. Se concibe porque se puede emplear el borax en todos los casos, pues que se sabe que esta sal tiene la propiedad de fundirse con las materias térreas de toda naturaleza. En cuanto al carbonato de sosa, aunque no tiene la misma propiedad, puede siempre servir de fundiente para los minerales de estaño, porque el criadero de estos minerales contiene siempre un gran exceso de sílice.

Pero, estos dos flujos, siendo volátiles, no permiten que se verifique con exactitud el resultado del ensaye; y por consiguiente obligan á hacer dos, á fin de que se pueda comprobar el uno por el otro. Cuando se trata de adquirir la mayor seguridad posible, es mejor emplear fundientes fijos como para los ensayes de hierro; y estos fundientes pueden ser 1.° los vidrios térreos muy calcáreos, 2.° el carbonato de cal y de dolomia, segun la naturaleza del criadero. En cuanto á la proporcion en que se debe emplear cada uno de estos fundientes, no se puede determinar del mismo modo que para los minerales de hierro, porque el óxido de estaño es inatacable por los ácidos; y por esto, solo aproximativamente se puede saber la cantidad de su criadero, sea por el peso específico del mineral, sea examinando dicho mineral con una gran lente, para reconocer la naturaleza y la abundancia de las sustancias pedregosas con que está mezclado, sea en fin, haciendo un ensayo preliminar con borax. Algunos minerales se funden tambien sin adicion, por contener en sus criaderos sílice con cal y magnesia en proporcion necesaria para formar silicatos fusibles.

Las escorias que provienen de la fundicion de los minerales, sea en el horno de reverbero, sea en el horno de manga, se funden casi todos sin adicion; pero entónces retienen una gran proporcion de hierro y puede ser, de óxido de estaño: para determinar exactamente la proporcion de los metales, es menester añadir 0,15 á 0,30 de su peso de carbonato de cal, segun que las escorias sean ricas ó pobres.

Ejemplo:

10 gramos escoria		10,00
fundidos sin adicion dieron—alcacion 1,54	} total	9,36
escoria 7,82	}	
		——
	oxíjeno	0,64.

La aleacion era quebradiza, y contenia los dos tercios de su peso de hierro ; la escoria, vítrea, de un verde de botella.

10 gramos de la misma escoria		10,00
2 carbonato de cal = cal		1,12
		11,12
dieron aleacion 2,10 }	total	10,32
escoria 8,22 }		
	oxíjeno	0,80.

La aleacion era quebradiza ; la escoria, vítrea, de un verde palido.

A mas del boton metálico que se obtiene en un ensaye, hay siempre cierta cantidad de granalla en la superficie de la escoria. Para recojerla, se muele, y se pasa el polvo por el tamiz de seda : si el metal es maleable, queda en pequeñas láminas en el tamiz : si es quebradizo, pasa al traves con el polvo de la escoria ; pero en este caso, siendo muchas veces magnético, se recoje mediante una barra magnética ; y cuando no se puede emplear este medio, se lava con grande precaucion en una tablilla con la corriente de un hilo delgado de agua.

§ 2.º ESTAÑO DEL COMERCIO Y DIVERSAS ALEACIONES.

No hay medio alguno para determinar por la via seca la proporcion de estaño contenida en una aleacion ; y es menester valerse para esto de la via húmeda. He aquí los métodos que conviene seguir para analizar las aleaciones mas importantes.

Aleaciones ferrujinosas.—El hierro, el tungsteno &c. se reducen por la via seca así como el estaño : los productos de los ensayes son casi siempre aleaciones que es preciso analizar, si se quiere conocer la proporcion exacta de estaño. El análisis de estas aleaciones es difícil : he aquí como puede hacerse. Cuando la aleacion es maleable, se reduce á hojas, las mas delgadas posible, ó bien se pulveriza y tritura, cuando es quebradiza : despues, se hace hervir con ácido muriático concentrado y puro, hasta que este ácido cese de obrar en el residuo. La disolucion contiene estaño y hierro : se precipita el estaño por medio del gaz hidrójeno sulfurado, se recoje el depósito, se trata por el ácido nítrico, se evapora hasta sequedad, y se calcina el residuo que se halla trasformado en deutóxido de es-

taño. Se hace hervir el licor muriático, que contiene hierro, con ácido nítrico, para peroxidar este metal ; y se precipita el óxido de hierro por el carbonato de amoniaco. El residuo de la aleacion que no se ha disuelto en el ácido muriático, es de tungsteno que contiene algunas veces un poco de hierro : se puede determinar la proporcion de este, calentando el depósito con dos veces su peso de salitre en un crisol de plata, y lavandolo con agua : el tungsteno se disuelve, y el óxido de hierro queda puro.

Cuando la aleacion contiene mucho hierro, es ménos atacable por el ácido muriático que cuando el estaño predomina ; entónces es necesario, para disolver esta aleacion, prolongar la accion del ácido muriático durante algunas horas ; y en este caso una porcion de tungsteno se oxida, dando al licor un color azul obscuro. Conviene en tal caso principiar por fundir la mezcla con su peso de estaño y cierta cantidad de borax, para preservarla de la accion del aire, y analizar en seguida la nueva aleacion, como se ha dicho

Las aleaciones de estaño contienen algunas veces, ademas del hierro y del tungsteno, arsénico y azufre : el azufre se desarrolla totalmente al estado de hidrójeno sulfurado, en el tratamiento por el ácido muriático, y el arsénico, en parte solamente, al estado de hidrójeno arseniado : el exceso queda en el residuo insoluble con el ácido muriático. Para determinar estas sustancias, es menester hacer pasar los gases en un licor que contenga sulfato de cobre sobresaturado de amoniaco, recojer el depósito de súlfuro y arseniuro de cobre, que se forma, y analizarlo. En este caso, la operacion es complicada, y no se puede ejecutar sino en los laboratorios en que se trata especialmente de investigaciones científicas.

Estaño del comercio.—Los estaños del comercio pueden contener cobre, plomo, hierro y arsénico. Para determinar el cobre y el plomo, se lamina el estaño, y se trata por el ácido nítrico puro caliente, hasta que esté completamente oxidado ; se evapora el licor hasta sequedad, se agrega agua, se filtra, y se calcina el residuo. Si este residuo es blanco, consta de óxido de estaño puro ; pero por poco hierro que contenga, tiene un color mas ó ménos amarillo. Se evaporan en seguida los licores nítricos hasta sequedad, y se calcina el residuo en una cápsula de platina, cuyo peso sea conocido ; se vuelve á disolver este residuo en ácido nítrico puro ; se precipita el plomo de la disolucion

por el ácido sulfúrico, y despues, el cobre, por una lámina de hierro ó por la potasa caústica. Para determinar la cantidad de hierro y de arsénico, se disuelve otra porcion de estaño en el ácido muriático, y se prosigue la operacion como ántes.

Cuando el estaño no contiene plomo, se puede tambien atacarlo por el ácido muriático concentrado, para disolver el estaño y el hierro; pero, es menester parar la accion del ácido, ántes que la totalidad del estaño se disuelva, porque de otro modo el cobre se disolveria al mismo tiempo. Se lava bien el residuo, se lo trata por el acido nítrico puro &c. De este modo se puede determinar en una sola operacion el cobre y el hierro.

Los compradores de estaño juzgan de la pureza de este metal de tres modos:

1.° Por el crujido que hace oir, y que es tanto mayor cuanto mas puro es el metal; 2.° Haciendo fundir en un mismo molde balas de diversas aleaciones, y comparando entre sí los pesos de las balas: en este caso se consideran como mas puras las que son mas lijeras: pero este medio no da sino resultados muy inciertos, y está casi jeneralmente abandonado; 3.° Por el aspecto que presenta la superficie del estaño en el momento en que se solidifica: para esto, funden una cierta cantidad de estaño á una temperatura conveniente, muy baja y casi siempre la misma, y lo vacian en una cavidad hemisférica de 1 á 2 centímetros de diametro: cuando está solidificado, observan el color y el estado mas ó ménos cristalino de la superficie: el mas puro es el que es blanco, y presenta ménos indicios de cristalizacion. Este modo de experimentar es muy bueno, y puede dar señas muy seguras de las calidades respectivas de diversos estaños para los que tienen un poco de practica. M. Caution, preparador de hojas de estaño en la manufactura de espejos de Paris, ha reconocido que, cuando se funde el estano puro en barra ó en hoja, la superficie, despues que se ha solidificado, es perfectamente lisa, y que no se percibe en ella el menor indicio de cristalizacion; mientras al contrario, el estano impuro, por pequeña que sea la proporcion de metales estranos que contiene, se cubre acá y allá de ramificaciones en agujas ó estrellas, y estas apariencias cristalinas se estienden tanto mas cuanto ménos puro es el estano.

Estaño y zinc.—Es fácil analizar las alcaciones de estaño y zinc, tratandolas por el ácido nítrico puro, en el que solo el zinc se disuelve, miéntras él estaño queda en el residuo al estado de óxido: se determina el zinc, evaporando la disolucion hasta sequedad, y calcinando el residuo al calor rojo para trasformar el nitrato de zinc en óxido.

CAPITULO 13.

ZINC.

Seccion 1.ª

Minerales y productos de las artes.

Minerales.—Aunque el zinc se halla en gran número de especies minerales, las únicas que se benefician en grande por este metal, son: la *blenda* ó súlfuro de zinc y la *calamina* ó carbonato.

Blenda.—Se halla en gran abundancia en la naturaleza, en todos los terrenos *segundarios, primitivos y de transicion*; acompaña comunmente á los demas súlfuros metálicos, y se halla, sobre todo, muy á menudo en vetas de minerales de plata y de oro. Su aspecto es muy variable: la mas pura es amarilla y transparente: pero por lo comun es amarillenta, parda rojiza, parda verdoza, y aun negra, trasluciente ú hojosa. Su estructura es casi siempre hojosa plana; las hojas se cruzan en todos sentidos, y tienen lustre de vidrio: por estos caractéres, sobre todo, se distingue la blenda de los demas súlfuros. Se halla tambien á veces cristalizada en tetraedros, octaedros y dodecaedros rombales. Su P. esp. 3,77 á 4,078. Al soplete, muchas veces chisporrotea; es infusible; solo las esquinas se aplanan. Se calcina con dificultad; sobre el carbon deja una pegadura de óxido de zinc. El ácido muriático no opera sino una accion muy débil sobre la blenda pura, pero ataca con facilidad las especies que contienen súlfuro de hierro: se halla tambien muchas veces en la blenda súlfuro de cadmio.

El súlfuro puro contiene	zinc	0,667
	azufre	0,333
		1,000.

Calamina.—Es el mineral que se beneficia comunmente por zinc. Se halla en masas, diseminada y en cristales, que derivan de un romboedro de 107° 40′. Es blanca, gris amarillenta ó parda; semitrasparente ú opaca; lustre de vidrio, que pasa á nácar; estructura compacta, fractura plana ó concoidea imperfecta. Su P. esp. 4,442. Al soplete, cuando contiene cadmio, deja sobre el carbon un anillo rojo anaranjado alrededor del ensaye. Es soluble con efervescencia en to-

dos los ácidos, y sin ella en el amoniaco ó mejor en el carbonato de amoniaco. Se halla muchas veces en capas, ó masas irregulares en las rocas calcáreas.

Se halla comunmente mezclada con el *silicato de zinc* (calamina eléctrica), que tiene el mismo color y brillo que el carbonato; pero cristaliza en prismas que derivan del prisma rombal; da agua en el matracito; y al soplete, produce vidrio sin color con la sal de fósforo; pero este vidrio se vuelve opaco al enfriarse. No se reduce por el carbon, y por esto, miéntras el carbonato se beneficia con la mayor facilidad por zinc, el silicato es un mineral que se debe considerar como enteramente inútil, y por lo tanto no se debe equivocar con el otro. El silicato se disuelve en los ácidos fuertes, dejando un residuo jelatinoso.

El carbonato puro consta de	óxido de zinc 0,646	—zinc 0,518
	ácido carbónico 0,354	
	1,000.	

Esta especie se halla muy á menudo en Chile, particularmente en los criaderos de las minas de plata en Chañarcillo.

Es de advertir que se han encontrado en la naturaleza, aunque en pequeña cantidad, el *carbonato hidratado* y el silicato anhidro.

Los productos de las artes mas importantes son: *zinc del comercio*.—Nunca perfectamente puro. Las sustancias estrañas que suele contener, son el hierro, el plomo, el cobre, el cadmio, el estaño y muchas veces un poco de azufre, de arsénico y de carbon.

Minerales calcinados, ya sea sin contacto, sea con contacto del aire.—Cuando es la calamina la que se beneficia, se la calcina para expeler el ácido carbónico, y hacerla mas dócil para la reduccion: si es la blenda la que se quiere beneficiar, es de toda necesidad someterla préviamente á una tuesta ó calcinacion con el contacto del aire, para transformar el súlfuro en óxido. La calcinacion se efectua muy bien en los hornos de reverbero, sin dejar casi ningun indicio de súlfuro en el mineral.

Residuos de la reduccion de los minerales.—Estos residuos contienen el silicato de zinc, la blenda que no alcanzó á calcinarse completamente, y los criaderos.

Cádmias ó sublimados que se condensan en los hornos grandes ó en los de manga, en la fundicion de los minerales, sea de hierro, sea

de plomo ó de plata &c. El zinc que se reduce en estas fundiciones, se volatiliza; y su vapor llegando á la parte superior de las chimeneas, se enciende, se vuelve á trasformar en óxido; y este óxido se pega á las paredes interiores de la chimenea, enfria el horno, y produce masas considerables de sublimado, que obstruyen el horno, caen y ocasionan entorpecimientos difíciles de remediar. Estas cadmias sirven despues para la fabricacion del zinc y del laton: son mas ricas en zinc que los mejores minerales de este metal; pero contienen casi siempre mucho plomo y á veces una proporcion notable de plata.

Seccion 2.ª

Modos de ensayar.

Las materias que contienen zinc, y se someten al ensaye, pueden dividirse en cuatro clases.

1.ª Clase.—Materias que contienen el zinc al estado de óxido libre, no combinado con la sílice: como son los mas minerales de zinc propiamente dichos.

2.ª Clase.—Materias en las cuales el zinc se halla en parte, ó en totalidad, combinado con la sílice.

3.ª Clase.—Materias que contienen el zinc combinado con el azufre.

4.ª Clase.—Las aleaciones.

1.ª *Clase.—Destilacion.*—Para reducir el óxido de zinc á una materia de esta clase, basta calentarlo con un calor blanco, despues de haberlo mezclado con carbon. Al momento de reducirse el zinc, se halla en estado de vapor; y este vapor se condensa en la parte fria del aparato; de suerte que, verificandose esta operacion en una retorta, todo el metal debe pasar al cuello, sin que se pierda cosa alguna. Luego parece á la primera vista que un ensaye de zinc deberia ser la cosa mas facil y sencilla; y sin embargo la práctica demuestra lo contrario. En efecto, aunque es fácil reducir el óxido y volatilizar el metal reducido, es muy difícil recojer este metal, y sobre todo, obtenerlo al estado metálico: la dificultad proviene en primer lugar, de que el sublimado de zinc se estiende comunmente en una

superficie muy grande; y adhiere fuertemente á las paredes de la retorta; y segundo, de que, habiendo necesidad de tener la retorta abierta para dar salida á los gases, el aire penetra en el interior de la retorta, y una parte de zinc se oxida. La destilacion del zinc se opera á una temperatura demasiado alta, para que se pueda efectuar en unas retortas de vidrio; y para esto se emplean retortas de arcilla bien cocida, impermeables á los gases: la operacion se hace en un horno de reverbero (páj. 16): la retorta se coloca en un apoyo; y se hace salir el cuello como de 4 pulgadas fuera del horno; se cubre despues la panza con la cúpula, se pone un tubo de aspiracion como de tres pies de altura; y al orificio del cuello que no debe ser angosto, se adapta, mediante un corcho, una alargadera de vidrio, destinada para recibir los vapores del zinc, que pueden escaparse del cuello. Se aumenta gradualmente el fuego hasta el calor albo, y se observa de cuando en cuando la boca de la retorta, para ver si queda en ella paso libre á los vapores: en caso que se viese obstruida, seria menester destaparla inmediatamente con un alambre de hierro, porque de otro modo pudiera haber explosion. Concluida la operacion, se deja enfriar la retorta. En seguida se la rompe con mucho cuidado, para que el metal condensado en la parte superior, no caiga en los residuos; y despues se despega todo el metal con la mayor prolijidad posible. En cuanto á lo que queda pegado á los fragmentos de la retorta, no hay otro arbitrio para determinar su cantidad, que él de recojer estos fragmentos con cuidado, y hacerlos dijerir en el ácido nítrico con el auxilio del calor. Se lava todo, se juntan las aguas del lavado con la disolucion nítrica, y se evapora el licor hasta que se reconcentre en un pequeño volúmen: se lo pasa entónces á una pequeña tazita de porcelana ó platina, se evapora hasta sequedad con precaucion, para que no haya proyecciones, y se calienta el residuo gradualmente hasta que adquiera el calor rojo. Se determina en este caso el peso del zinc por el peso del óxido obtenido.

Determinacion de la cantidad de zinc por diferencia.—Otro modo de hacer ensayes de zinc, mucho mas sencillo y á lo menos tan exacto como el anterior, consiste en reducir el óxido, y determinar el peso del metal por diferencia, conociendo bien el peso de todas las sustancias con que se halla mezclado. Esto se puede verificar sea á la temperatura media, sea á la de los ensayes de hierro; pero en todo

caso se debe principiar por expeler todas las sustancias volátiles que puede contener la materia sometida al ensaye : si en ella hay agua ó ácido carbónico, basta calcinarla sin el contacto del aire y sin adicion : si hay carbon, como sucede en varios productos de las artes, es preciso calcinarla con el contacto del aire.

Temperatura media. Cuando se quiere operar á una temperatura media, se mezcla la materia molida con 15 á 20 por ciento de su peso de carbon ; y se la calcina en un crisol ordinario tapado ; se hace tostar despues el residuo en una tazita de porcelana para quemar el exceso del carbon, y se pesa el polvo : es claro que la pérdida que ha esperimentado en el ensaye la materia, corresponde á la cantidad de óxido que contenia.

Alta temperatura. Haciendo un ensaye del modo que se acaba de decir, se ha de temer que se quede todavia cierta cantidad de óxido de zinc en el residuo ; y á mas de esto, no se puede saber con exactitud el grado de la oxidacion del hierro contenido en la materia calcinada. Estos inconvenientes desaparecen, cuando se hace el ensaye á la temperatura de los ensayes de hierro, y del mismo modo que estos últimos. Se hace calentar la materia en un crisol de brasca con adicion de sustancias fijas con las cuales se pueda fundir el criadero mezclado con el óxido de zinc, si este criadero no es fusible por sí solo. Concluida la operacion, se pesa el ensaye compuesto de escoria y de granallas de hierro ; se separan en seguida, y se recojen estas granallas del modo que se ha dicho ántes ; y restando su peso del peso entero de las sustancias fundidas, se obtiene él de la escoria. Ahora, por el peso de las granallas de hierro se sabe él del oxijeno que les corresponde, y que se exhala en la fundicion ; y restando del peso entero de la materia sometida al ensaye, él del residuo entero de la fundicion, y él del oxijeno perteneciente al hierro, se sabe el peso del zinc reducido.

Ejemplo :

ò Mineral de oxido de hierro y de zinc llamado franklinia de los Estados-Unidos.

10 gr. de franklinia			10,00
7 vidrio terreo			7,90
			17,00
han producido hierro colado	4,00	total 12,87	14,87
escoria	8,27		
		oxijeno 2,00	
		óxido de zinc	2,13.
flujo agregado	7,00		
materias estrañas	1,27.		

La materia estraña en este caso es el protóxido de manganesa puro ; y como este metal se halla en el mineral al grado de oxidacion mas elevado, resulta que la proporcion del zinc determinada por este ensaye, debe ser muy exajerada : y en efecto, mediante el analisis por la via húmeda, no se encuentra en este mineral mas que 17 á 18 por ciento de óxido de zinc.

2.ª *Clase.—Materias que contienen zinc en combinacion con la sílice.*—Los silicatos de zinc no se reducen por el carbon solo ; pero, cuando al mismo tiempo se mezclan con sustancias que tienen la propiedad de combinarse con la sílice, se reducen completamente aun á una temperatura mediana. Todos los métodos por consiguiente que se acaban de dar para las materias de la 1.ª clase, sirven tambien para las de la 2.ª, con la diferencia de que estas se han de mezclar al mismo tiempo con carbon y algun reactivo que sirva de flujo y de reductivo. Ensayando las materias de esta clase *por destilacion*, se emplea el flujo negro ordinario, al cual conviene muchas veces agregar como ⅙ de carbon ; y haciendo los mismos ensayes a la temperatura de los ensayes de hierro, se emplea la cal y la alumina ó bien la cal y la magnesia.

3.ª *Clase.—Materias que contienen súlfuro de zinc.*—Se ensayan estas materias calcinandolas con el contacto del aire, y sometiendolas en seguida á las mismas operaciones que se prescriben para el ensaye de las materias oxidadas. La calcinacion no presenta dificultades : solo al principio se debe moderar el fuego para evitar aglomeraciones, y no se debe agregar carbon : al concluir la tuesta, es menester elevar el fuego para descomponer los sulfatos ; y si la ope-

racion se hace con cuidado, no queda en el mineral calcinado ni azufre ni ácido sulfúrico.

Se puede tambien determinar la proporcion del zinc, calcinando la materia que se ensaya, á la temperatura de 150° p. con adicion de hierro metálico en cantidad necesaria para absorber todo el azufre: se sabe entónces la cantidad de zinc por el peso que ha perdido la materia ensayada; porque es claro que esta pérdida proviene de la volatilizacion del zinc de cuyo azufre se apodera el hierro. Es menester agregar en este caso algun flujo fijo, como son los vidrios térreos, á fin de que las escorias estén bien líquidas, y se unan en una sola masa.

4.ª *Clase.—Aleaciones.*—Las únicas aleaciones de zinc que tienen mucha importancia, son las de cobre, de estaño y de hierro. Para ensayarlas por la via seca, no hay mas que fundirlas en un crisol de brasca á la temperatura de 150° con cierta cantidad de vidrio térreo; y se saca la proporcion del zinc de la pérdida de peso que ha experimentado la materia ensayada en la reduccion del óxido. Sin embargo, es de advertir que en tal caso queda siempre un poco de zinc en los residuos, por el cobre que lo retiene.

Para analizar las aleaciones de zinc por la via húmeda, se disuelve la materia en el agua réjia; se agrega agua, y se sobresatura el licor con el amoniaco: en tal caso el óxido de zinc se disuelve en el exceso del reactivo, miéntras el óxido de hierro se precipita. Se recoje entónces este precipitado en el filtro, se seca, se calcina: por su peso se sabe él del hierro metálico, y por diferencia él del zinc.

CAPITULO 14.

Metales de poca aplicacion en las artes.

COBALTO

Usos. El cobalto sirve para la fabricacion del *esmalte azul*, que se emplea en gran cantidad en las fábricas de porcelana, de loza &c.

Minerales. Los minerales de los que se extrae esta sustancia, son *el arseniuro de cobalto* y el *sulfo-arseniuro de cobalto.*

El arseniuro ó cobalto blanco es de un gris blanquizco, de estructura granuda; cristaliza en cubos ú otras formas que derivan del cubo. Hay muchas variedades de cobalto arsenical que pertenecen á esta especie; y segun Berthier, parece que existen en la naturaleza tres distintos arseniuros de cobalto, que por 1 átomo de cobalto contienen 1, 2 y 3 átomos de arsénico; de suerte que la proporcion de cobalto es de 9 á 30 por ciento; y los mismos minerales tienen siempre una cierta proporcion de arseniuro de hierro. Por esto, algunos minerales de esta especie dan al soplete en un matracito un sublimado de arsénico metálico, y otros no: todos en un tubo abierto producen mucho ácido arsenioso; y el residuo de la calcinacion fundido con borax, da un vidrio azul hermoso.

Esta especie acompaña comunmente los minerales de plata en Chile y en particular los de la Punta-brava en Copiapó (pá. 171).

El sulfo-arseniuro ó cobalto gris se parece mucho al anterior por sus caractéres exteriores: su fractura las mas veces es hojosa. Cristaliza en octaedros, cubos, icosaedros &c. Su p. esp. es 6,30 á 6,45. Es inatacable por los ácidos sulfúrico y muriático. Al soplete, en un matraz, es inalterable; en un tubo abierto, con dificultad se calcina, produce ácido sulfuroso, y no se forma ácido arsenioso sino á una alta temperatura. El cobalto gris puro seria compuesto de

cobalto	0,3549	
arsénico	0,4531	$= Co\,A^2 + Co\,S^2$
azufre	0,1930.	

Pero esta especie se halla siempre mezclada con sulfo-arseniuro de hierro y á veces de níquel.

Las minas mas importantes de cobalto gris en el antiguo continente son las de Suecia; pero esta especie se halla tambien en cantidad considerable en Chile. La mina mas importante en esta República es la *del Buitre*, situada á **11** leguas de Coquimbo; y los minerales análogos se han encontrado en las minas de cobre del Volcan (cajon de Maypo), en algunas del Huasco y de Copiapó; de modo que, segun parece, esta sustancia mineral está diseminada en todo el cordon de las cordilleras de Chile. El cobalto gris del Buitre no tiene níquel; se halla comunmente diseminado en forma de pequeños cubos, que tienen esquinas truncadas, y son muy lustrosos en la superficie: se cria con axinita, cuarzo, pirita cobriza &c.: á mas de esto, las dos especies, esta y la anterior están siempre mezcladas con el *arseniato de cobalto*, que se reconoce con facilidad, tanto por su color rojo de albérchigo ó carmesí, como por su estructura fibrosa en agujas, estrellas y ramilletes.

El cobalto se porta en las operaciones por la via seca exactamente del mismo modo que el hierro, y seria fácil ensayar las materias que contuviesen el cobalto en estado de óxido: pero, hallandose este metal casi siempre con arsénico y azufre, y siendo imposible separar estas sustancias de otro modo que por la via húmeda, nunca se ensayan los minerales de cobalto por la via seca; y no se puede determinar su riqueza, sino tratando de extraer todo el cobalto en estado de óxido. Y como por otra parte es el óxido de cobalto y no el metal, el que da color azul á los tintes y esmaltes mas preciosos en las artes, es de necesidad saber como se extrae el óxido de cobalto de los minerales.

Modos de ensayar.

Para esto hay varios métodos mas ó ménos económicos, entre los cuales merecen la preferencia los siguientes:

Preparacion del óxido de cobalto.

1.° En las fábricas de porcelana se prepara este óxido disolviendo el mineral crudo en el agua réjia: se evapora la disolucion hasta sequedad, se agrega agua y se filtra. Lo que se recoje en el filtro, es arseniato de hierro con las partes insolubles del criadero: se agrega entónces al licor, carbonato de potasa ó de sosa por pequeñas cantidades, hasta que el precipitado que se forma con la adicion de cada gota de reactivo, empieze á tomar un color rosado: esta es la seña de que todo el hierro ya está separado, y de que no queda mas que filtrar otra vez el licor y lavar el filtro. Echando en seguida en el li-

con un exceso de carbonato alcalino, recojiendo el precipitado, lavandolo y calcinando, se obtiene un óxido de cobalto de composicion muy variable. Si el mineral es puro y tiene poco hierro, este óxido se halla comunmente mezclado con mucho ácido arsénico : si al contrario el mineral contiene mucho hierro, el óxido de cobalto obtenido por este método, es perfectamente puro.

2.º Otro método mas sencillo y mas económico consiste en calcinar primero el mineral con el contacto del aire, teniendo cuidado de agregar de cuando en cuando un poco de carbon, y se disuelve despues el residuo en el ácido nítrico ordinario del comercio, agregando 0,10 de limadura de hierro. Se evapora despues la disolucion hasta sequedad á una temperatura moderada, y se agrega agua : queda entónces la mayor parte del hierro y del arsénico en estado de arseniato de hierro, en el residuo que no se ha disuelto ; pero tambien una cierta cantidad de esta sal se halla en el licor con un exceso de peróxido de hierro y todo el cobalto : se echa poco á poco en este licor carbonato de amoniaco, hasta que el precipitado que, al añadir las primeras dósis de este reactivo, aparecia con un color pardo rojizo mas ó ménos obscuro, empieze á volverse rosado. En caso que las últimas porciones del precipitado no fuesen de color rojo de hidrato de hierro, seria preciso agregar una nueva cantidad de hierro disuelto en el ácido nítrico y peroxidado, y precipitar este hierro por el carbonato de amoniaco como ántes. En caso que el mineral contuviese cobre, seria preciso precipitar este metal por el hidrójeno sulfurado. En fin, cuando ya no queda otra cosa mas en la disolucion que el óxido de cobalto, se evapora esta disolucion hasta sequedad ; y calcinando el residuo con cuidado en un crisol de platina, se obtiene el óxido de cobalto puro.

Es de advertir que, cuando en el mineral de cobalto hay níquel, es imposible obtener por los dos métodos anteriores el óxido de cobalto puro, porque este óxido se hallará siempre mezclado con óxido de níquel.

3.º El tercer método inventado por Liebig, conviene, sobre todo, cuando los minerales contienen níquel, y es el siguiente.

Método de Liebig.

Se principia por calcinar el mineral con el contacto del aire y con mucha prolijidad ; y despues se introduce el residuo de la calcinacion por pequeñas porciones en un crisol de hierro, en que se man-

tiene en estado de fusion sulfato ácido de potasa, tomado en proporcion de 3 p. de sulfato por 1 p. de mineral : desde luego la mezcla no pierde mucho de su fluidez, pero poco à poco se vuelve espesa, y en fin se solidifica. Es tiempo entónces para aumentar el calor gradualmente hasta el calor rojo ; y estando fundida la masa, se la mantiene todavia en el mismo grado de calor, hasta que ya dejen de desarrollarse vapores blancos. Se vierte el baño en un molde ; y enfriado, se muele, se deslie en el agua, y se filtra. En este momento el licor contiene sulfato neutro de potasa y de cobalto, sin arsénico, hierro ó niquel, porque el sulfato de cobalto resiste á la accion del calor rojo, miéntras los sulfatos de hierro y de níquel se descomponen á la misma temperatura : solo se advierte que, para que haya separacion completa de estos metales, es necesario calentar por mucho tiempo, á fin de que la masa salina se vuelva completamente neutra. Es menester echar despues en el licor filtrado, carbonato alcalino, con lo que se precipita el carbonato de cobalto, que se ha de trasformar en seguida, mediante la calcinacion, en óxido puro : en cuanto al residuo, este contiene siempre arseniato de cobalto, que se puede volver á tratar como ántes. Ahora, para evitar esta repeticion de operaciones, es bueno mezclar con el mineral calcinado y con el sulfato ácido de potasa una cierta cantidad de sulfato de hierro calcinado con el calor rojo y mezclado con $\frac{1}{10}$ de su peso de salitre : entónces el arsénico combinandose con el peróxido de hierro, queda en el residuo, y no retiene mas que algun indicio insignificante de cobalto.

Del mismo modo se puede preparar el óxido puro mezclando 1 p. de mineral calcinado con 2 p. de sulfato ácido de potasa y 1 p. de alumbre potásico, y efectuando la fusion de la mezcla en crisoles de tierra, como los que se emplean para los ensayes de cobre. En este caso es la alumina la que se combina con ácido arsénico ; y si un poco de esta tierra se disuelve despues en el licor, se puede precipitarla primero que el cobalto, por el carbonato alcalino.

NÍQUEL.

Este metal se emplea ahora en cantidades considerables en las artes, para la fabricacion de las aleaciones que imitan perfectamente *Usos.*

la plata, y se conocen en el comercio con los nombres *pak-fung, tontenague, cobre blanco, metal de Alemania, maillechort, metal de Arjel.* En estas aleaciones el níquel se halla unido al cobre y al zinc.

Las principales especies minerales que contienen níquel en proporcion considerable, son:

Minerales. El *arseniuro* NA llamado *kupferniquel* : tiene color rojo de cobre, lustre metálico, estructura compacta, fractura concoidea ó plana ; es frájil, despide olor de ajo al eslabon, no es atacable por el ácido muriático ; en la calcinacion con el contacto del aire emite vapores arsenicales. Contiene por lo comun de 30 á 40 por ciento de níquel. Pero hay otro arseniuro de níquel NA^2, que es de color gris, lustre metálico ; contiene ménos níquel y 60 á 70 por ciento de arsénico.

El arsenio-súlfuro ó níquel gris es de color blanquizco y de mucho lustre metálico ; al soplete en un matraz produce mucho sublimado de rejalgar, y el residuo toma el aspecto de kupferniquel.

El antimonio-súlfuro tiene el mismo color y lustre que el anterior, á veces un poco rosado ; se halla á veces cristalizado en formas que derivan del cubo ; al soplete en un tubo abierto, emite mucho humo de óxido de antimonio, y se funde : el residuo da muchas veces con el borax reaccion de cobalto. Contiene, término medio, como 30 por ciento de níquel.

Todos estos minerales se hallan las mas veces acompañados con una sustancia verde, que es arseniato de níquel, y no son abundantes. No se han encontrado hasta ahora en Chile, sino en muy corta cantidad en algunos minerales de plata y de cobalto.

Espeis. El níquel que se emplea en las artes, no se extrae de los minerales crudos, sino de una sustancia metálica, que se forma en el fondo de los crisoles donde se prepara el esmalte ó azul de cobalto. Se sabe que esta preparacion se hace fundiendo una mezcla de arena cuarzosa, potasa y mineral de cobalto calcinado : como sucede siempre que en la calcinacion de este mineral una parte de los metales queda sin oxidarse, resulta que, fundiendo el residuo de la calcinacion con arena y potasa, el cobalto que es mas oxidable que el níquel y el cobre, obra sobre aquella porcion de estos metales que se habia oxidado, y quitandole el oxíjeno, la reduce : el cobre y el níquel reducidos caen al fondo, y se mezclan con todo lo que escapa á la accion de la sílice, formando aquella sustancia que se llama *espeis*

(speiss), y se utiliza en la fabricacion de diversas aleaciones.

El níquel se porta en las operaciones por la via seca del mismo modo que el hierro y el cobalto; de suerte que se puede aplicar á este metal todo lo que se ha dicho sobre el cobalto, con la diferencia de que el níquel es un poco ménos oxidable que el cobalto.

No se puede sacar el níquel puro, sino mediante el óxido de este metal, fundiendolo en un crisol de brasca como se hace con el cobalto.

El óxido de níquel se prepara tambien del mismo modo que el cobalto. Solo se advierte que para la preparacion del óxido de níquel no se puede emplear sulfato ácido de potasa, porque el sulfato de níquel se descompone al calor rojo.

ANTIMONIO.

El antimonio se emplea en grande en la fabricacion de las aleaciones que sirven para hacer los caractéres de imprenta: á mas de esto, se emplea en varias preparaciones farmacéuticas. *Usos.*

Se extrae del súlfuro de antimonio, que es un mineral bastante abundante en la naturaleza.

El súlfuro de antimonio ó antimonio gris, es de color gris de plomo, que á veces está tomado de los colores del arco íris: cristaliza en prismas largos de 4 ó de 8 caras ó bien en agujas é hilos delgados; se halla tambien en masas y diseminado. Su estructura es hojosa ó estriada. Al soplete se funde fácilmente sobre el carbon, el cual lo absorbe, y queda cubierto de una masa negra de lustre de vidrio. En el tubo de vidrio da al principio mucho óxido antimonioso, y despues se sublima él mismo con mucho óxido. El súlfuro puro contiene 73 por ciento de antimonio: su p. esp. de 4,4 á 4,5. No se ha encontrado todavia en Chile: en Méjico se cria en Mazapil, Zimapan, Tasco &c. *Minerales de antimonio.*

Se hace el ensaye de súlfuro de antimonio de dos modos: 1.° calcinando y fundiendo la materia calcinada con flujo negro; 2.° fundiendo el súlfuro crudo con hierro. *Modos de ensayar.*

1.° *Ensaye por calcinacion.*—La calcinacion de ese súlfuro exije que se tomen precauciones muy grandes, porque es muy fusible, y el óxido que se forma, muy volátil: se debe por consiguiente templar el calor durante toda la operacion; y es menester revolver continua-

mente el polvo para impedir que se aglomere. Cuando deja de desarrollarse el ácido sulfuroso, es prueba de que nada queda ya de azufre, porque nunca se forma sulfato. Se funde despues este residuo de calcinacion con 3 p. de flujo negro, del mismo modo que se hacen los ensayes de plomo, teniendo cuidado de moderar el fuego, y de sacar el crisol tan pronto como se juzgue que la operacion está concluida. Este método no se puede aplicar á los súlfuros dobles de hierro y antimonio, ni á los minerales ordinarios de súlfuro mezclado con pirita.

2.° *Ensayes por el hierro.* El hierro metálico se apodera con facilidad del azufre del súlfuro de antimonio aun á una temperatura poco elevada; pero, habiendo poca diferencia en el peso específico de los dos súlfuros, no es facil separarlos por fundicion: esto no se verifica sino mediante un golpe de fuego muy activo, que se ha de dar al tiempo de concluir la desulfuracion, y que se debe prolongar por un rato, manteniendo la sustancia en estado de fusion completa. De este modo se obtiene una masa fundida, compuesta de dos partes que se separan fácilmente: una blanca, hojosa, de hojas anchas, que es *el régulo* ó antimonio metálico, al cual adhiere un poco de eje; la otra de color amarillo de bronce, un poco mas clara que el protosúlfuro de hierro ordinario, está mezclada con un poco de antimonio metálico. Durante la operacion se volatiliza siempre una cantidad bastante considerable de antimonio; y esto de ningun modo se puede evitar. Para disminuir esta pérdida, Berthier aconseja de no tomar mas que 40 de hierro por 100 de súlfuro, y emplear este hierro en estado de limadura muy fina. Por este método se saca del súlfuro de antimonio en pequeño, 0,635 de antimonio, y en grande, 0,55.

Uno de los grandes inconvenientes que tiene este método, proviene de que se necesita un flujo muy activo para que se separe el eje del antimonio; y este inconveniente no existiria, si se pudiese producir un eje mas liviano y mas fusible que el súlfuro de hierro. Para conseguir este efecto, se añade al hierro una cierta cantidad de un carbonato alcalino, por ejemplo, de carbonato de sosa, que se emplea en proporcion de 50 por ciento de súlfuro de antimonio y 42 de hierro. La fusion se verifica muy pronto, sin hincharse; el eje muy líquido, se separa con la mayor facilidad del antimonio; y se obtiene 65 á 66 de antimonio.

En lugar de carbonato alcalino, se puede tambien emplear sulfato de sosa y carbon, mezclados con limadura de hierro; ó bien, en lugar de hierro, se puede tomar óxido de hierro, carbon y carbonato alcalino &c.; pero de cualquier modo que el mineral de antimonio se ensaye por la via seca, la ley se determina solo aproximativamente.

CROMO.

El principal uso de los minerales de cromo es para sacar el *amarillo de cromo* tan usado en los tintes, y tambien para extraer el óxido de cromo, que comunica un verde hermoso á la porcelana, y con el cual tambien se pinta al oleo. La única especie mineral que se emplea para estas preparaciones, comprende muchas variedades, que todas se conocen bajo el nombre de hierro cromado. *Usos.*

El hierro cromado es de color negro de hierro, que pasa al gris de acero, y de lustre metálico débil; su estructura compacta ú hojosa imperfecta; su polvo, pardo. Es ágrio, quebradizo, bastante duro para rayar el vidrio; su p. esp. como de 4,5; no es magnético, y no es atacable por los ácidos aun mas activos.—Se halla en masas, diseminado y cristalizado en octaedros regulares: consta de óxido verde de cromo, alumina, peróxido y protóxido de hierro; y su formula de composicion es, *Mineral de cromo.*

$$RR+R$$

comprendiendo en el primer término el óxido de cromo y los óxidos de hierro y de alumina de composicion análoga, y en el segundo, los protóxidos de hierro, de manganesa &c. La proporcion de cromo en las diversas especies del hiero cromado varia de 31 á 37 por ciento. Se halla en los Estados-Unidos, en Hobokén, Nueva Jersey, New Haven &c.

Es facil reconocer en un mineral la presencia del cromo, fundiendo en un crisol de plata una mezcla de este mineral con potasa y salitre; y lavando la masa fundida con agua, la mas pequeña cantidad de cromo comunicará en este caso al licor un color amarillo. Al soplete, las sustancias que contienen cromo, dan con el borax un vidrio de color verde de esmeralda muy hermoso. *Modo de reconocer el cromo.*

Siendo el cromo infusible, y el oxido de cromo muy dificil de re-

Modos de ensayar. ducirse, no se puede determinar la ley de cromo por la via seca, sino aleando este metal con otros metales que sean fusibles, y tengan mucha afinidad con el cromo, como, por ejemplo el hierro : aun de este modo, hay dificultad en encontrar un flujo que no se oponga demasiado á la reduccion del óxido de cromo.

Pero, el principal uso que se hace de los minerales de cromo, siendo la extraccion del óxido verde, y la del cromato de potasa, ó del amarillo de cromo, se puede determinar la riqueza de un mineral de esta clase, preparando por medio de este mineral aquellas sustancias, y viendo que cantidad de ellas se puede extraer de un mineral crudo.

Preparacion del cromato de potasa. Se prepara el amarillo de cromo, calentando en un crisol á la temperatura del calor albo, una mezcla de mineral molido y de salitre: la proporcion de este último varía de $\frac{3}{4}$ á $\frac{1}{2}$ del peso del mineral, segun la riqueza de este, y nunca debe pasar de $\frac{3}{4}$, porque en este caso se formaria un aluminato de potasa, que se disolveria despues con el cromato. Concluida esta primera operacion, se hace dijerir la masa en mucha agua caliente, se lava, y despues de haber unido las aguas del lavado al primer licor amarillo, se reconcentra el licor para cristalizar el cromato de potasa. Para obtener el bicromato de potasa, que es de color rojo anaranjado muy lindo, se agrega primero al licor una cierta cantidad de ácido nítrico ó sulfúrico, y se hace cristalizar la sal.

Preparacion del óxido verde. Por medio de estos cromatos se prepara el verde de cromo de diversos modos : 1.° calcinando al calor albo, en un crisol de platina ó de porcelana, el bicromato de potasa, y lavando la masa ; 2.° reduciendo en un crisol de brasca el cromato ó el bicromato, moliendo el residuo, y lavandolo con agua ; 3.° calentando á la temperatura del calor rojo una mezcla de cromato de potasa y de azufre, y pasando despues el residuo por lejía : preparado de este modo el óxido es muy liviano y de color verde muy lindo ; 4.° calcinando en un crisol ordinario, una mezcla de partes iguales de bicromato de potasa y de sal amoniaca, con una cantidad un poco menor de carbonato de sosa, desliendo despues la masa fundida en el agua &c.

Se puede tambien extraer el óxido verde de cromo directamente del mismo mineral, calcinando á una alta temperatura 1 p. de mineral reducido á polvo muy fino, 1 p. de carbonato de sosa y 1 p. de

azufre ; se lava el residuo primero con agua para disolver los súlfuros alcalinos, y despues con ácido muriático para disolver el súlfuro de hierro, la sílice y la alumina. El polvo que queda, es óxido verde.

BISMUTO

Este metal es escaso, caro, y su consumo en las artes, muy limitado. Se usa para preparar el *blanco de afeite,* para fabricar la aleacion con que se hacen las válvulas de seguridad en las calderas de vapor, para hacer una amalgama con que se estañan los globos &c. *Usos.*

Se encuentra casi siempre en estado metálico en la naturaleza, siendo las demas especies minerales de bismuto extremadamente escasas.

El bismuto nativo es de color blanco de plata, que rojea mucho : se toma, al aire, de los colores del pecho de paloma ; lustre metalico, estructura hojosa perfecta de cuádruplo crucero, que produce octaedros ; es dócil, poco resistente. Se halla en masas aunque rara vez, diseminado, en pegaduras, denticular, en hojillas embutidas con la superficie rayada en plumas, y cristalizado en tetraedros, octaedros y cubos. Su p. esp. 9,737. Contiene casi siempre un poco de plata y de arsénico. En el matracito no se sublima ; en un tubo abierto, casi no humea si no está junto con azufre ; pero se cubre de óxido, que al enfriarse se vuelve amarillento : corroe el vidrio, y á un fuego fuerte taladra la hojilla de platina. *Mineral de bismuto.*

El bismuto se porta en los ensayes por la via seca del mismo modo que el plomo, con la diferencia de ser mas volatil. Por consiguiente, para determinar la ley de bismuto, es necesario moderar el fuego, y emplear ciertos flujos, que puedan formar con las materias estrañas del mineral, escorias muy fusibles. Para ensayar los minerales de bismuto nativo, lo mejor es fundirlos con 2 á 3 p. de flujo negro, y operar del mismo modo que en los ensayes de plomo. *Modos de ensayar.*

FIN.

TABLA.

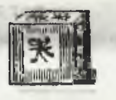
ERRATAS, YERROS Y ADICIONES.

Paj.	*lín.*	*dice:*	*léase:*
23	31	ácido orálico	ácido oxálico
37	24	99gr,7 de cobre	9gr,97 de cobre
38	23	se hecha	se echa
96	37	el ácido muriatico ejerce una accion sobre el súlfuro	En esta accion es el deuto-cloruro de cobre que obra en el súlfuro: cede una parte de su cloro al cobre del súlfuro, pasando él mismo al estado de protocloruro y aislando el azufre.
159	15	broco	bromo
168	39	450 á 160 marcos	150 á 160 marcos
116 129	2,4, &. y 230	centilitro	en lugar de *centilitro* se debe poner centímetro cúbico ó mililitro.
276	1	platina	paladio

Adicion á las especies minerales de plata.

Ioduro de plata.—Acabo de descubrir en los minerales que salen de una mina nueva, recien hallada en un cerro llamado Los Algodones, situado en el mismo cordon de cerros de Arqueros y como á 12 leguas de Coquimbo, ioduro de plata perfectamente puro, diseminado en una matris compuesta de carbonatos multíplices de cal, hierro, manganesa y de hidratos de hierro y alumina. El ioduro en estos minerales no se halla mezclado con ninguna otra especie mineral de plata y es de color amarillo de azufre claro, que no se ennegrece ni varia aun por la accion directa de la luz del sol, por mas que ésta accion se prolongue. Su estructura es hojosa imperfecta, lustre de cera que pasa al de vidrio. Es trasluciente, tan blando como el cloruro, pero no es dúctil y se reduce á polvo con la mayor facilidad aun cuando fundido. Es ménos fusible que los cloro-bromuros y que el cloruro; al fundirse se vuelve rojo, y despues de enfriado toma un color verde obscuro, ó bien un color gris y lustre semi-metálico. Es casi insoluble en el amoniaco, pero se descompone con la mayor fa-

cilidad por el hidro-sulfato. Calentado con ácido sulfúrico y peróxido de manganesa en un tubito de vidrio, emite vapores violados muy hermosos de iodo. El ácido nítrico concentrado lo descompone, y al momento de principiar á hervir, se desarrolla el vapor violado, el cual luego desaparece y despues vuelve á aparecer cuando el ácido empieza á enfriarse. El ácido muriático lo disuelve, y agregando agua el licor se enturbia, dejando un precipitado que se ennegrece y parece ser una mezcla de cloruro y de ioduro.



ESPLICACION DE LAS LAMINAS.

NOTA.—Todas las láminas se han sacado y fielmente copiado de la obra : *Tratado de los ensayes por la via seca de Berthier.*

LAMINA 1.

Hornillos de calcinacion y de evaporacion.

Figuras 1, 2 y 3 (páj. 15). Hornillos de calcinacion. C, cuba en que se mete el combustible : se hace de ladrillos, y se pone en los bordes un cuadro de hierro F. D, cenicero. G', reja colocada en su posicion natural, cuando se quiere dar poca hondura al hornillo. G'', reja con sus pies vueltos arriba, cuando se necesita una cuba muy honda. G''', reja sin pies, que se puede colocar á voluntad en el hornillo, á la altura I, ó bien á la de I' (fig. 3) mediante un borde que sobresale en dos paredes opuestas de la cuba, como esto se ve representado en M. H, chimenea, hecha de una hoja de hierro gruesa, con un mango y una puerta ; esta chimenea se pone sobre el hornillo cuando se quiere activar su combustion.

Fig. 4 (páj. 16). Hornillo de evaporacion. C, cazuela hemisférica, agujereada que sirve de cuba. D, cenicero. H, tubo de hoja de hierro, destinado para hacer pasar los vapores en la chimenea, cuando estos son maléficos ó incómodos. L, apoyo, de hierro sobre el cual se coloca el tubo H. O, cápsula puesta sobre otro apoyo mas chico y mas bajo.

Fig. 5. Laboratorio en que se hallan unidos muchos hornillos de diversas clases. A, A, A, hornillos hechos en la muralla misma de la chimenea. B, baño de arena con su hogar ó estufa. CC, grande chimenea. D, D, &c. ceniceros de diversos hornillos y del baño de arena : cada cenicero tiene su puerta de hoja de hierro. M, M, M, son unos nichos para guardar el carbon : se cierran con unas planchas PPP, en la parte inferior, para impedir que el carbon se desparrame

en el suelo del cuarto. H, un gran sombrero de hoja de hierro, que sirve para conducir todos los vapores á la chimenea: esta última tiene en su interior una compuerta, que se puede abrir ó cerrar á voluntad, mediante un alambre ó una cadena de hierro TT cuya extremidad se sujeta en las llaves S. Se colocan en el borde de este sombrero los crisoles, las tazas, las retortas y otros vasos de toda clase que se emplean en el laboratorio. h, h, h, h, pequeñas chimeneas hechas en la muralla para los hornillos A, A, A y para el baño de arena B: estas se comunican con la chimenea grande, en la cual tienden á producir mucha corriente: abriendo en la muralla misma algunos agujeros CC, los vapores se introducen en ellos y salen afuera. R, varilla de hierro de la cual se pueden colgar tenazas, pinzas &c.

Lamina 2.

Hornillos de viento.

Fig. 1, 2 y 3 (páj. 16, 17). Hornillo de viento de la Escuela de Minas de Paris. Fig. 1.ª plano. Fig. 2.ª perfil. Fig. 3.ª corte vertical, perpendicular á la pared de delante. AA, cuba. B, cañon horizontal por donde los vapores pasan á la chimenea. CCC, chimenea con su plancha de hierro RR, que se puede mover horizontalmente para cerrar y abrir el cañon interior de la chimenea. D, tapa del hornillo; es un cuadro de hierro que se llena de ladrillos y se hace resbalar mediante un agarradero. GGG, reja compuesta, de barritas movibles. P, P, P, puertas del cenicero, hechas de hoja de hierro gruesa. HH, sombrero de hoja de hierro sostenido por tres barras de hierro h, h, h. T, tapa del cañon interior de la chimenea, la cual se cierra cuando se quiere calentar el hornillo. SS, baño de arena en que se colocan los crisoles al momento de retirarlos del fuego.

Lamina 3.

Hornillos de copelacion.

Fig. 1, 2 y 3. Hornillo de copelacion hecho de hoja de hierro gruesa.

Fig. 1.ª Proyeccion oblícua. Fig. 2, corte vertical, perpendicu-

lar al eje de la mufla. Fig. 3, corte vertical que pasa por el eje de la mufla. AAA, cuba ó laboratorio. BBB, cenicero. CCC, mufla.

Fig. 4, 5 y 6 (pàj. 19). Hornillo de greda ó arcilla, cuadrado, consolidado con fajas de hierro, el que se emplea en los injénios. Fig. 4, corte horizontal á la altura de la reja. Fig. 5, perfil. Fig. 6, corte vertical que pasa por el eje de la bóveda. AAA, cenicero, con una reja de hierro. BB, laboratorio ó cuba. CC cúpula que se adapta al laboratorio; tiene en la parte anterior una abertura semicircular por la cual se introduce el combustible, y que se puede cerrar mediante un tapon de arcilla. F, chimenea de hoja de hierro, á la cual se da mas ó ménos altura segun el grado de calor que se quiere producir, haciendo mas ó ménos tirar esta chimenea; en ella se ve pegada una tablilla en que se pueden colocar las copelas, y una abertura con su compuerta por donde se puede echar el combustible. S, mufla en la cual se colocan las copelas; en cada una de sus paredes se hace una rajadura angosta, para producir una corriente de aire por el interior de la mufla. Esta se asienta por un lado sobre la parte anterior del hornillo y por el otro sobre un apoyo de arcilla L. Se puede cerrar en parte ó enteramente la abertura de la mufla con una puerta P.

Fig. 7, 8 y 9. Hornillo de copelacion semejante al anterior, pero con muy pequeñas dimensiones. No se puede producir en él un grado muy elevado de temperatura, y no se emplea sino en los laboratorios donde se hacen pocos ensayes.

Fig. 10. Hornillo de copelacion de Aikin. C, crisol agujereado por debajo, en que se establece una corriente de aire como en una mufla, y en medio del cual se coloca una copela.

Fig. 11 y 12. Rastrillos de alambre de hierro grueso, que sirven para hacer bajar el carbon en el interior del hornillo.

Fig. 13. Tenazas que sirven para agarrar las escorificatorias, las copelas &c.

Fig. 14. Tenazas elasticas, delgadas que sirven para introducir el ensaye en las copelas.

Fig. 15. Tenazas que tienen uno de los brazos semicircular. Son muy cómodas para levantar y remover las copelas y las escorificatorias llenas de materia fundida.

Fig. 16. Pequeña cuchara de hierro que sirve para introducir en las copelas y escorificatorias plomo reducido á granos.

Fig. 17. Cuchara de hoja de lata para sacar litargirio, plomo en granos &c.

Fig. 18. Copelas de diversos tamaños : corte vertical

Fig. 19. (páj. 21). Molde de bronce para hacer copelas. N, *segmento de cono,* ó molde en que se mete y se aprieta el polvo de huesos. El *fondo movible* de este molde consta de una pieza cónica de plomo O, la cual se coloca sobre una columnita de madera, cuando la copela ya está hecha &c. M, *molde interior* que sirve para apretar el polvo, y dar una forma conveniente á la parte interior de la copela.

Lamina 4.

Ensayes de plata (páj. 225, 231).

Fig. 1.ª (páj. 226, 227). Aparato que sirve para hacer ensayes de plata, midiendo la disolucion de sal marina por el volúmen. Q, pipeta de vidrio cuya capacidad interior, desde el orificio C, hasta la rayita a b es de 100 centímetros cúbicos. R, llave superior, la que estando abierta, deja caer la disolucion de la cuba ó tina A en la pipeta. R', llave colocada debajo de la anterior, y por la cual se deja salir el aire del interior de la pipeta cuando esta se llena con la disolucion. V, tornillo cuyo destino es de abrir y estrechar el agujero por donde se hace entrar muy lentamente el aire miéntras se vacia la pipeta. Esta pipeta descansa sobre dos sujetadores horizontales H, K, que pueden jirar alrededor de un eje comun SS, y se pueden alargar mas ó ménos mediante dos rajas lonjitudinales. El aparato se fija en una muralla mediante un sujetador X. M, *pañuelo* ó esponja húmeda envuelta en un trapo, destinada para absorber el líquido que sale de la pipeta, cuando se trata de hacer bajar este líquido en el interior de la pipeta, exactamente á la rayita a b. Este pañuelo se halla puesto en un vaso cilíndrico de hoja de lata, abierto por debajo, y por el cual se deja pasar en la cubeta C el líquido que el pañuelo no puede absorber. T, cilindro de hoja de lata; en este cilindro se coloca la botella (fig. 2), en que se ha vertido disolucion de plata, y en la cual se quiere introducir la disolucion de sal marina contenida en la pi-

peta. Para hacer pasar esta última disolucion en la botella sin perder una gota de líquido, ni agregar una gota mas de lo que cabe en 100 centímetros cúbicos, se abre el tornillo V; y al momento de llegar el nivel del líquido á la rayita a b, se da un golpe lijero al aparato en que se hallan el *pañuelo* y la *botella*; y haciendolo resbalar rápidamente sobre la plancha LL, se pone la boca de la botella inmediatamente debajo del orificio de la pipeta. Esto se acomoda de tal modo, que al tocar dicho aparato un sujetador puesto en el encaje de la plancha LL, la boca de la botella se pone por sí misma exactamente frente de la extremidad de la pipeta. Habiendo siempre en la botella una cierta cantidad de vapor nitroso, el que, al introducir la disolucion normal, sale é incomoda al ensayador, se ha imajinado, para librarse de esta incomodidad, de cubrir aquella parte del aparato donde se halla la pipeta, con un embudo de hoja de lata N; y este embudo se pone en comunicacion, mediante un tubo corto lateral, con otro tubo TT, de una y media pulgada de diámetro, muy largo, y unido en su extremidad superior con una caja D, en la cual se coloca una lámpara ó un brasero con carbon encendido. Y como el aire que se necesita para la combustion en esta caja, no puede llegar á su interior de otro modo mas que atravesando el embudo y el tubo TT, resulta que este aire en su movimiento arrastra consigo los vapores nitrosos, y los hace salir por la pequeña chimenea P. A, cuba ó tina de cobre que tiene como 100 litros de capacidad interior, y se llena con disolucion normal para alimentar la pipeta. Esta disolucion pasa por el tubo ZZ en medio del cual se halla un termómetro. La tapa de la cuba A es cóncava, y tiene en el centro una abertura tapada por un tapon atornillado B, cuyos bordes se aprietan por una rodaja de cuero. Este tapon se halla atravesado por un tubo T, que se abre cerca del fondo de la cuba, y por el cual entra el aire en el aparato, sin poder salir afuera, de modo que no se puede verificar ninguna evaporacion del líquido. *m*, una pequeña tapa con que se cierra el tubo en su parte superior, miéntras no se hace uso del aparato.

Fig. 2. Botella de vidrio, con una tapa esmerillada, de la capacidad de 200 gr., y en la cual se hace disolver la aleacion que se ensaya.

Fig. 3. Ajitador de 10 compartimientos, en que se hacen aclarar

las disoluciones de plata cada vez que se les añade disolucion de sal. R, muelle del cual se suspende el ajitador. B, otro muelle en forma de espira, que se fija en el suelo, y hace mas fácil la operacion.

Fig. 4. Tubo graduado que sirve para medir pesos determinados de disolucion normal; este tubo se divide en gramos. Haciendo salir la disolucion por el pico *o*, cada division del tubo produce 8 á 10 gotas; y por consiguiente el peso de cada gota es como de 1 decígramo. Se llena el tubo con la disolucion hasta la division *o*, y se lo pesa &c.

Fig. 5. Baño de maría de hoja de lata, en que se pueden calentar 10 botellas á la vez: perfil oblicuo y corte.

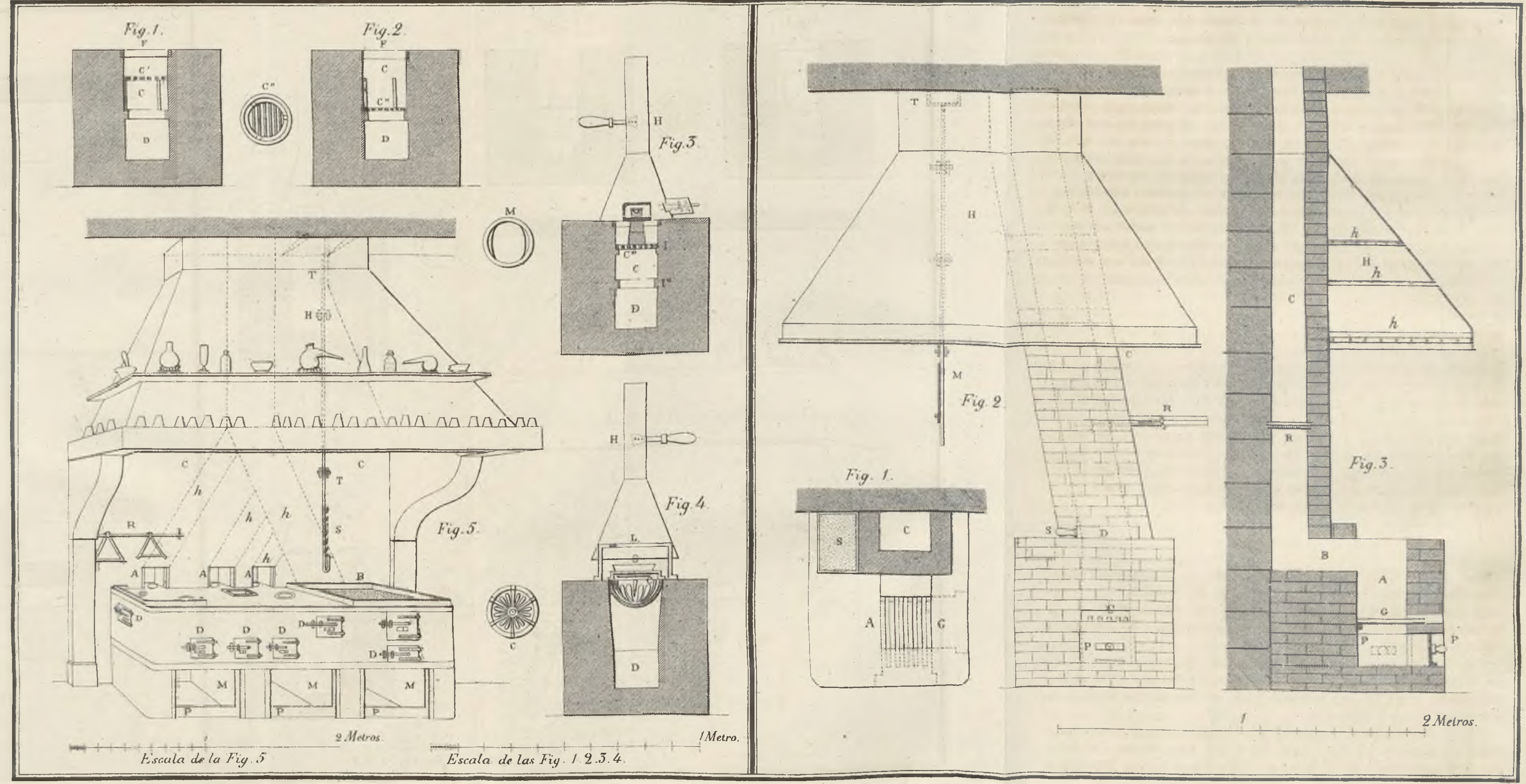
Lamina 5.

Laboratorio de la moneda de Paris.

Fig. 1, 2, 3 y 4 (páj. 262). Disposicion del laboratorio de la moneda de Paris.—Fig. 1, plano.—Fig. 2, perfil lonjitudinal.—Fig. 3, corte vertical que pasa por medio del hornillo.—Fig. 4, corte vertical que pasa por el compartimiento de las teteras. A, apoyo móvil de madera puesto sobre la ventana. B, tablilla fijada en la pared del cuarto. C, gran sombrero de hoja de hierro: la chimenea G se pone á voluntad en comunicacion con el hornillo de copelacion H, mediante la tapa I. DD, armarios en que se guardan los ácidos, las copelas, &c. T puerta de la estufa X: otra puerta que se ve debajo de esta; es la del cenicero Y. H, hornillo de copelacion. *aa*, aberturas en que se colocan los cuellos de los matraces, de los cuales se desarrollan vapores maléficos que se quiere expeler del laboratorio. *bb*, astillero en que se apoyan los cuellos de los matraces. *cc*, muesca hecha en una faja de hierro, destinada para sujetar los cuellos de los matraces colocados en el fuego. *dd*, hojas de hierro con sus bisagras, que se abren para dar paso á los vapores que se desarrollan en unos vasos colocados sobre el baño de arena *ee*; estos vapores entran en la chimenea de la estufa por la abertura *aa*, la cual se cierra con las mismas hojas de hierro, cuando no hay necesidad de ella. *ee*, tablilla cubierta con arena en que se ponen los matraces para que se enfrien. *gg*, brasero de hierro en que se echa ceniza caliente

y carbon encendido para calentar los matraces. *h*, pizarra para apuntar el tiempo de la ebullicion &c. *ii*, pequeñas botellas en que se guardan el agua y el ácido nítrico que se emplean en los ensayes: la llave de la primera es de plata y la de la otra de platina. *j*, tetera en la cual se decanta el nitrato de plata que proviene de los ensayes. *k*, una pequeña cubierta destinada para impedir que se introduzca en el laboratorio algun vapor ácido, cuando se decantan los líquidos todavia calientes. *l*, plancha que sirve para interceptar la comunicacion entre la chimenea de la estufa y la del hornillo de copelacion.

Fig. 5. Modo de calentar los matraces aconsejado por Gay-Lussac. M, matraz en que se está haciendo la disolucion: despues de haber introducido el caracol en el matraz, se vierte una cantidad determinada de ácido nítrico mediante una pipeta; despues, cuando se añade el segundo ácido, se echa en el matraz un pequeño pedacito de carbon, con el objeto de impedir que se hagan proyecciones. N, plancha de hierro agujereada, sobre la cual se colocan los matraces. T, tubo de vidrio como de 5 á 6 líneas de diámetro y de mas de 1 vara de altura, terminado en sus dos extremidades por unos tubos mas angostos *t*: el tubo inferior se encaja libremente en el cuello del matraz; y como el espacio entre los dos tubos es bastante estrecho, para que una película de ácido lo tape, y quede suspendida en todo el contacto de los vidrios, resulta que los vapores ácidos tienen que pasar en el tubo grueso; y condensandose en él, vuelven á caer en el matraz, mientras los gases pasan en la chimenea. Para que estos vapores tengan siempre un paso libre en el tubo, es necesario que la extremidad inferior del tubo sea cortada al sesgo. H, abertura por donde el aire puede entrar en la chimenea que se supone colocada tras de los matraces. La pared inferior de esta abertura se halla cubierta con una hoja de vidrio inclinada por el lado de la chimenea; y sobre esta hoja caen las gotas de ácido nítrico, cuando los tubos TT se han sacado de los matraces, y se colocan en la tablilla N. Estas gotas se evaporan, y se llevan por la corriente del aire en la chimenea. Debajo de esta lámina de hierro se halla otra de hoja de hierro *e*, en cuyos encajes se apoya el cuello de los matraces.


HORNILLOS DE CALCINACION Y DE EVAPORACION.
Lám. 1.
HORNILLOS DE VIENTO.
Lám. 2.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
2 Metros.
Escala de la Fig. 5
1 Metro.
Escala de las Fig. 1. 2. 3. 4.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
2 Metros.
LIT. CADOT Y BRANDT. SANTO

HORNILLOS DE COPELACION.

Lám. 3.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

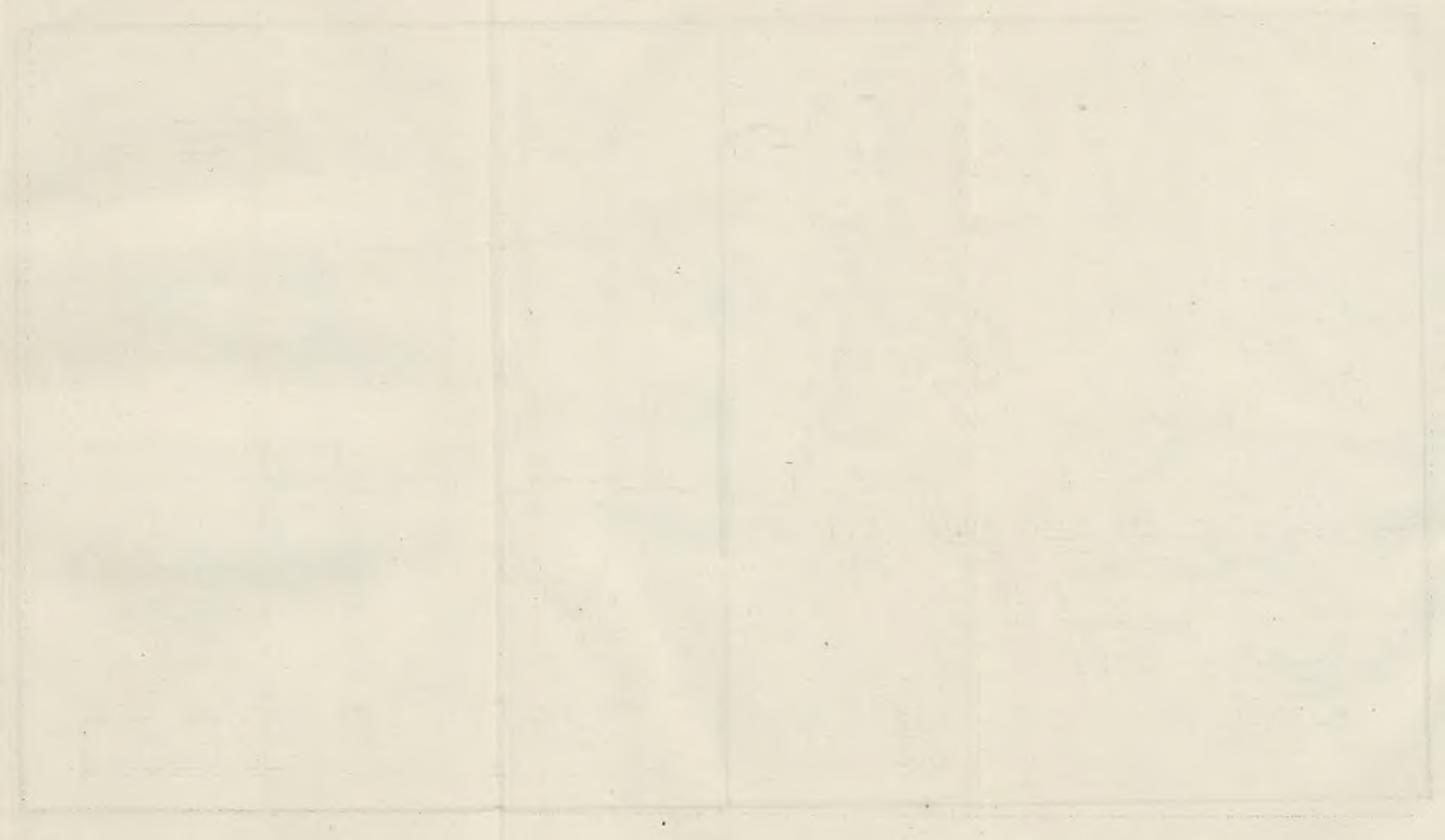
Fig. 19.

1 Metro.

ENSAYES DE PLATA.

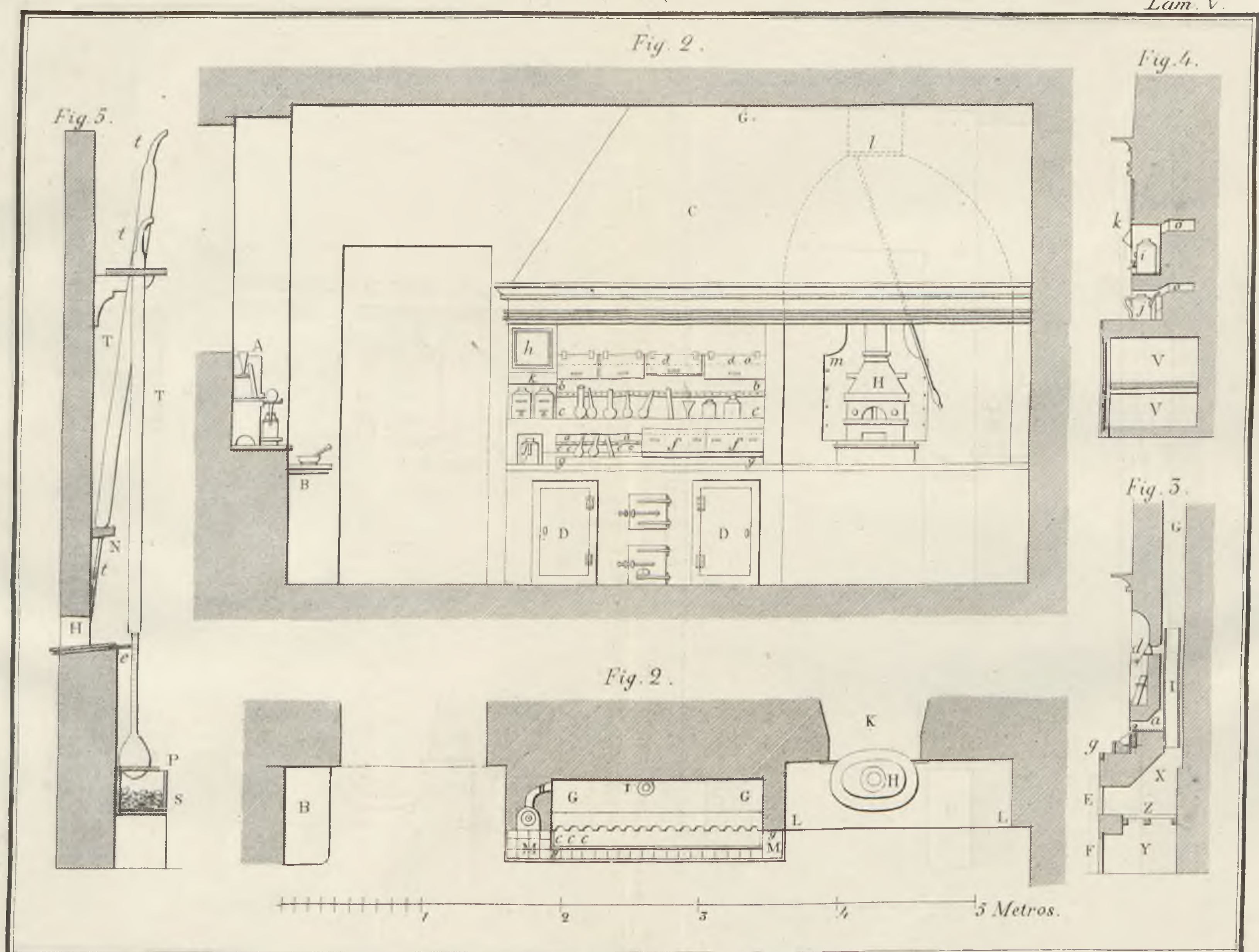
Lám. 4.

LIT. CADOT Y BRANDT. SANT.

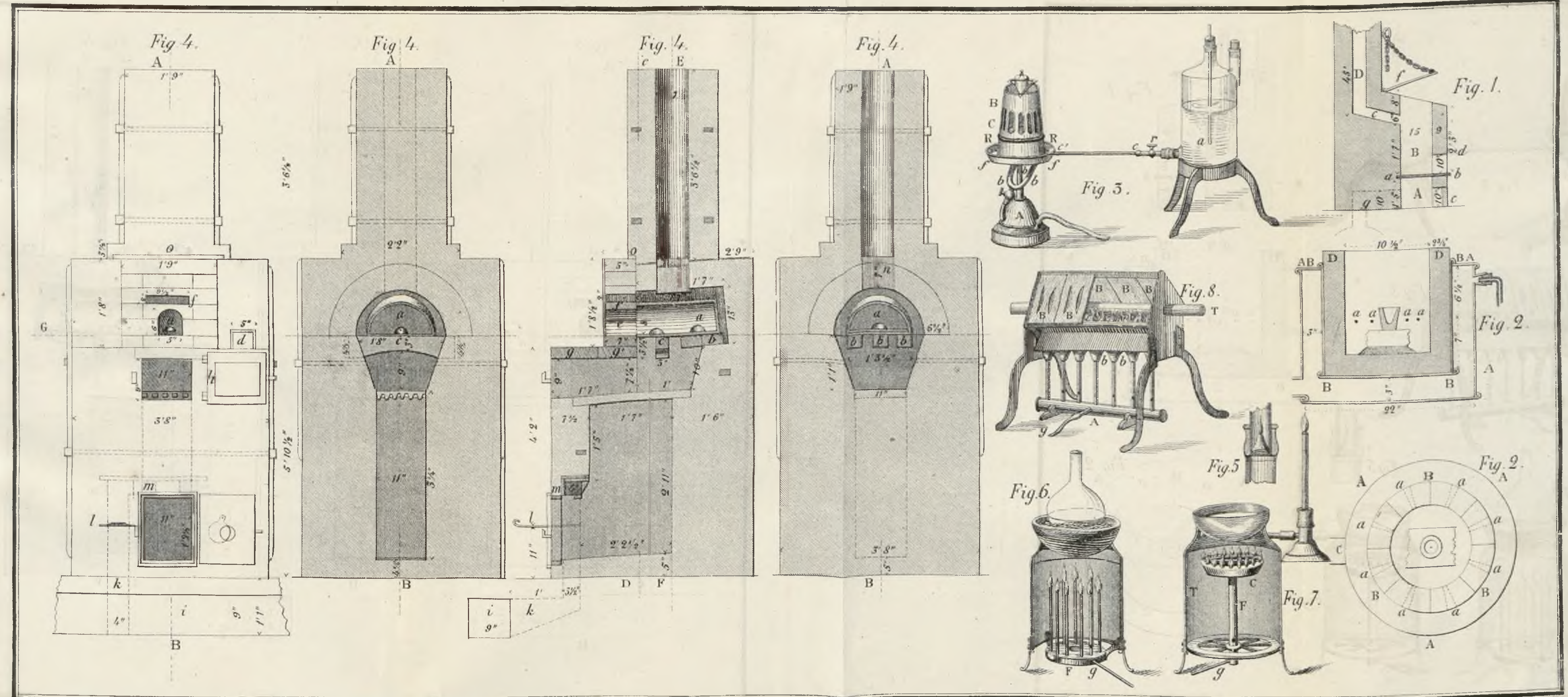


ENSAYES DE ORO. – LABORATORIO DE LA MONEDA DE PARIS.

Lám. V.



LIT. CADOT Y BRANDT. SANTº



LIT. CADOT, BRANDT. SANTO.

